EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

UEBER

DIE REGENERATION DER QUERGESTREIFTEN MUSKELN

VON

Dr. PAUL KRASKE,
PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT HALLE.

MIT 2 TAFELN.

HALLE,
MAX NIEMEYER.
1878.

SEINEN HOCHVEREHRTEN LEHRERN

HERRN GEH. MEDICINALRATH PROF. D^R. R. VOLKMANN

UND

HERRN PROF. D^R. COHNHEIM

IN DANKBARSTER ERGEBENHEIT GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b22339851

Die auch heutigen Tags noch Anhänger zählende Lehre, dass die quergestreiften Muskelfasern nicht die Fähigkeit besässen, sich zu regeneriren, steht in auffallendem Widerspruch zu der Thatsache, die in neuerer Zeit besonders *O. Weber* hervorgehoben hat, dass selbst ausgedehnte Muskelzerreissungen bei subcutanen Fracturen sehr häufig ohne jede Spur einer Bindegewebsnarbe heilen. Da jene Annahme sich offenbar auf die sehr häufigen Befunde stützt, wo man, kürzere oder längere Zeit nach der Verheilung einer offenen Muskelverletzung, das Muskelgewebe durch bindegewebige Partien unterbrochen fand, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Verschiedenartigkeit des Verlaufs subcutaner und offener Verletzungen, mit anderen Worten die geringere oder grössere Intensität der entzündlichen Reaction einen Einfluss auf die mehr oder weniger vollkommene Regeneration ausübe. Von diesem Gesichtspunkte aus, der von den Experimentatoren, welche sich mit der Regeneration der quergestreiften Muskelfasern beschäftigt haben, nicht berücksichtigt worden ist, habe ich eine Reihe Versuche unternommen, die mir in Bezug auf die Frage sowohl nach der Fähigkeit der Muskeln, sich zu regeneriren, als auch nach dem Modus, welchen diese Regeneration befolgt, interessante Aufschlüsse gegeben haben.

Bei meinen Versuchen, die ich an Kaninchen anstellte, war ich also zunächst bestrebt, die entzündliche Reaction nach dem Eingriffe auf ein möglichst geringes Mass zu beschränken. In der einen Reihe legte ich Wunden senkrecht zum Faserverlauf an. Theils machte ich mit starker Hautverschiebung subcutane Durchschneidung und wählte hierzu den musc. infraspinatus aus dem Grunde, weil man an der Scapula sehr gut Richtung und Tiefe der Wunde bei der Führung des Tenotoms bemessen kann, theils durchschnitt ich den musc. sternokleidomastoideus nahe an seiner untern Insertion, nachdem ich ihn durch einen 2—3 cm. langen Hautschnitt freigelegt hatte. Den durchschnittenen Muskel vereinigte ich sodann wieder durch einige Catgutsuturen und nähte die Haut darüber sorgfältig zu. Wenn man diese kleine Operation unter antiseptischen Cautelen macht, so erfolgt, auch wenn über die gut genähte Hautwunde kein weiterer Verband gelegt wird, die Heilung so gut, dass die Haut über den unterliegenden Theilen vollkommen verschieblich bleibt. In einer andern Versuchsreihe zerstörte ich umschriebene Muskelpartien durch concentrirte Lösungen von Carbolsäure in Glycerin. Mit einer Pravaz'schen Spritze ging ich nach Verschiebung der Haut ein und spritzte einige Tropfen ins Muskelgewebe. Die Muskeln, die ich zu diesen Versuchen wählte, waren in einigen Fällen der gastrocnemius, meist aber wieder die

Muskel des Schulterblattes, die ich aus den oben angegebenen äusseren Gründen auch hier am geeignetsten fand. Drittens studirte ich die Regenerationsvorgänge an solchen Muskeln, die eine gewisse Zeit lang aus der Circulation ausgeschaltet gewesen waren, und an denen *Heidelberg* [1]) kürzlich interessante Beobachtungen gemacht hat. Die eine hintere Extremität der Thiere wurde dicht über dem Kniegelenk mit einem Gummischlauch constringirt; nach 2—10 Stunden wurde derselbe gelöst und die Blutbahn für die Extremität wieder geöffnet. Zur Untersuchung wurde dann der gastrocnemius oder der extensor digit. benutzt. Endlich zerbrach ich Thieren den Unterschenkel, durchstach mit den Fracturenden die angrenzenden Muskeln, namentlich den gastrocnemius und legte dann die Extremität in einen Gyps- oder Wasserglasverband. Ich bin von dieser letzten Versuchsanordnung bald zurückgekommen. Wenn es mir auch gelang, den festen Verband in einigen Versuchen recht gut anzulegen, so erfolgten doch meist im Verbande Perforationen der Fragmentenden und bisweilen heftigere Entzündungen. Aber selbst wo das nicht eintrat, wo der Verband die Fragmentenden gut fixirt hatte und Consolidation erfolgte, gelang es wegen der bedeutenden Verschiebung einzelner Muskeln durch den Callus doch sehr schwer, die Stelle der Verwundung, die nach Sitz und Ausdehnung sehr verschieden und ganz unberechenbar auszufallen pflegt, später wieder aufzufinden.

Die Zahl meiner Versuchsthiere beläuft sich auf 15. Mehrere benutzte ich zu verschiedenen Versuchen, so dass ich im Ganzen etwa 25 Objekte gewann, die sich auf den Zeitraum der ersten 7 Wochen nach dem Eingriff vertheilen.

Ich untersuchte theils frisch, theils am in Alkohol gehärteten Praeparat. Von den Isolationsmethoden bin ich mit dem einfachen Zerzupfen am besten zum Ziele gekommen. Die gebräuchlichen chemischen Isolationsmittel habe ich mit vieler Ausdauer versucht, es ist mir aber nicht gelungen, damit befriedigendere Resultate zu erreichen. Das gehärtete Praeparat zerlegte ich in Längs- und Querschnitte, färbte mit Hämatoxylin, Bismarckbraun oder Pikrocarmin und untersuchte theils in Glycerin, theils in Canadabalsam.

Da ich im Verlauf meiner Mittheilungen des Oefteren mich werde genöthigt sehen, auf die Ansichten der einzelnen Autoren etwas näher einzugehen, so will ich hier auf eine Angabe der Literatur verzichten. Indessen halte ich es zur leichteren Orientirung des Lesers doch für nothwendig, den gegenwärtigen Stand der Muskelregenerationsfrage vorweg kurz zu skizziren.

Während einige Forscher (*v. Wittich* [2]), *Deiters* [3]), *Zenker* [4]), *Waldeyer* [5]) die Entstehung der jungen Muskelfasern aus dem Bindegewebe, beziehungsweise den zelligen Elementen des Perimysium internum ableiten, und einzelne Stimmen sogar dahin laut geworden sind, dass sich das Muskelgewebe grösstentheils aus den ausgewanderten weissen Blutkörperchen regenerire

[1]) Zur Pathologie der quergestreiften Muskeln. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. Bd. III.

[2]) Königsb. Jb. 1861. III.

[3]) Reichert u. Dubois-Reymond's Archiv 1861 p. 393.

[4]) Ueber die Veränderungen der willkürlichen Muskeln im Typhus abdominalis· Leipzig 1864.

[5]) Ueber die Veränderungen der quergestreiften Muskeln bei der Entzündung und dem Typhusprocess, sowie über die Regeneration derselben nach Substanzdefekten. Virch. Arch. 1865. XXXIV.

(*Maslowsky*[1]) gehen alle anderen von der Annahme aus, dass ein specifisches Gewebe, wie das Muskelgewebe, nur aus einem präextistirenden Gewebe derselben spezifischen Art sich neu zu bilden vermöge, dass nur aus Muskelfasern selbst neue Muskelelemente hervorgehen können. Doch weichen über den Modus der Entwickelung die Ansichten ausserordentlich von einander ab. Wir finden zunächst die Meinung vertreten, die jüngeren Muskelfasern bildeten sich durch eine Abspaltung von den alten in der Längsrichtung in der Art, dass das Perimysium in die contractile Substanz der Muskelfaser hineinwachse und so eine alte Muskelfaser in mehrere schmälere, junge zerspalte[2]). Schon früher hatten *Weissmann*[3]) und nach ihm *Peremeschko*[4]) an Froschmuskeln die Beobachtung solcher Längsspaltungen gemacht. Beide bringen die Abspaltung zu reihenförmigen Wucherungen der Muskelkerne in Beziehung; jener lässt sich die Primitivbündel zwischen 2 Kernreihen der Länge nach so theilen, dass in jede Hälfte eine Kernreihe zu liegen kommt, nach diesem spalten sich die Kernreihen als solche ab und werden zu neuen Muskelfasern.

Diese Kernwucherungen, die in den Muskelfasern bei den Regenerationsprozessen eintreten und nicht allein in reihenförmiger, sondern auch in unregelmässiger, haufenweiser Anordnung sich vorfinden, haben dann später die Aufmerksamkeit der Untersucher in hohem Grade auf sich gezogen. *Waldeyer*[5]) beschrieb es zuerst, wie die Muskelkerne so reichlich wucherten, dass man die Muskelfasern nachher unter dem Bilde von Schläuchen sähe, die mit Zellen vollgepfropft seien („Muskelzellenschläuche"). Da nicht allein die Kerne sich vermehrten, sondern auch das Zellprotoplasma, so könne man in der That von gesonderten, für sich bestehenden Zellen sprechen. Diese in Schläuchen neben einander liegenden, theils spindelförmigen theils rundlichen oder polygonalen Muskelzellen, denen Waldeyer selbst jegliche Bedeutung für die Regeneration abspricht, sind von den andern Untersuchern meist auch gesehen und als diejenigen Elemente angesprochen worden, aus denen sich die neuen Muskeln in der Art entwickeln sollten, dass jede Muskelzelle zu einer jungen Muskelfaser auswüchse (*Colberg*[6]), *Buhl*[7]), *O. Weber*[8]). Eine etwas andere Ansicht hat *Hoffmann*[9]), der die neugebildeten Muskelfasern durch Zusammenwachsen mehrerer dieser Muskelzellen entstehen lässt. Hingegen wird diese Regeneration des Muskelgewebes nach embryonalem Typus von *Neumann*[10]) in Abrede gestellt. Er glaubt vielmehr auf Grund seiner Untersuchungen über den Heilungsprozess nach Muskelverletzungen, dass die Regeneration durch eine

---

[1]) Wien. Wochenschrift. 1868 No. 12

[2]) *Neumann*, Ueber die von Zenker beschriebenen Veränderungen der willkürlichen Muskeln bei Typhusleichen. Arch. d. Heilk. IX.

[3]) Zeitschrift f. rat. Med. 3. R. X. Bd.

[4]) Die Entwicklung der quergestreiften Muskelfasern und Muskelkerne. Virch. Arch. XXVI.

[5]) l. c. pag. 478.

[6]) Zur Trichinenkrankheit, deutsche Klinik 1863 No. 19.

[7]) Wahres recidivirendes Myom. Ztschr. f. Biol. 1865 I.

[8]) Ueber die Neubildung quergestreifter Muskelfasern, insbesondere die regenerative Neubildung derselben nach Verletzungen. Virch. Arch. XXXIX.

[9]) Ueber die Neubildung quergestreifter Muskelfasern, insbesondere bei Typhus abdominalis, Virch. Arch. XL.

[10]) Ueber den Heilungsprozess nach Muskelverletznngen. Arch. f. mikr. Anat. IV.

von ihm sogenannte Knospenbildung erfolge, und zwar so, dass die durchschnittenen Fasern sich verlängerten, an einander vorbeiwüchsen und schliesslich wie die Zacken einer Knochennaht oder die ineinandergeschobenen Finger einer Hand in einander griffen. Seine Angaben werden von *Lüdeking*[1]) bestätigt. In ähnlicher Weise geht nach *Gussenbauers*[2]) Ansicht die Heilung von Muskelwunden vor sich. Auch er beschreibt mit den alten Fasern in Zusammenhang stehende Gebilde, die aus einem durch Umwandlung der contractilen Substanz hervorgegangenen Protoplasma bestehen und durch ihre Weiterentwicklung Neumanns Muskelknospen bilden. Für einen geringen Theil der neuen Muskelfasern lässt Gussenbauer jedoch auch die Entwicklung nach dem Typus der embryonalen Bildung zu. —

Was die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen anlangt, so will ich vorweg bemerken, dass ich bei allen Versuchen, auf welche der angegebenen Arten ich sie auch angestellt habe, zu gleichen Resultaten gekommen bin. In den Muskelwunden, bei den Aetzungen, nach der temporären Constriction — überall konnte ich denselben Typus der Regeneration beobachten. Entsprechend den verschiedenen Eingriffen bei den einzelnen Versuchen zeigten die Bilder gewisse Eigenthümlichkeiten, aber hier wie dort entstand und wuchs die junge Muskelfaser auf dieselbe Weise. Am schönsten und reinsten konnte ich die Regenerationsvorgänge an den mit Carbolsäure geätzten Muskeln beobachten. Die Auswanderung weisser Blutkörperchen beschränkt sich hier auf ein sehr geringes Mass und es kommen die reactiven Prozesse am Muskelgewebe selbst fast vollkommen ungetrübt zur Anschauung. Es sei mir deshalb auch erlaubt, bei meiner Darstellung zunächst die Vorgänge bei den geätzten Muskeln in's Auge zu fassen.

Eine concentrirte Carbolsäurelösung zerstört je nach der Menge der injicirten Flüssigkeit einen mehr oder weniger grossen Theil des Muskelgewebes vollständig. Die Muskelsubstanz selbst zerfällt in einen röthlich-weissen Brei; mit ihm mischt sich aus den lädirten Gefässen ergossenes Blut, und nach einigen Stunden findet man an der Injectionsstelle eine schwarzbraune, krümliche Masse, die sich in unregelmässiger Begrenzung von dem gesunden Gewebe absetzt. Untersucht man diesen Aetzschorf mikroskopisch, so sieht man neben Detritusmassen ohne weiter erkennbare Structurverhältnisse unregelmässig und zackig begrenzte Schollen und Klumpen, die an einzelnen Stellen durch Reste einer Querstreifung ihren Ursprung vom Muskelgewebe documentiren. Diese Schollen sind in der Mitte des Schorfes kaum anzutreffen, während sie in den peripheren Partien häufiger und grösser sich zeigen. An der Grenze zwischen Schorf und dem anliegenden Gewebe findet man kleine Partien reinen Bluts, die sich zum Theil zwischen die einzelnen Muskelfasern hinein erstrecken. Sehr bald nach der Application des Reizes beginnt die Reaction des angrenzenden Gewebes. Zunächst erfolgt eine Auswanderung weisser Blutkörperchen. 24 Stunden nach dem Eingriff sieht man in der nächsten Umgebung der zerstörten Muskelpartie die kleinen Zellen zwischen die einzelnen Muskelfasern hineingedrängt, am dichtesten genau an der Grenze des Schorfs. Auch in die peripheren Theile derselben, zwischen die einzelnen

[1]) Untersuchungen über die Regeneration der quergestr. Muskelfasern; Inauguraldiss. Strassburg 1876.

[2]) Ueber die Veränderungen des quergestreiften Muskelgewebes bei der traumatischen Entzündung. Arch. f. klin. Chirurgie XII.

Muskelfaserschollen haben sie ihren Weg genommen. Im Muskelgewebe selbst nimmt ihre Zahl mit der Entfernung von der Schorfgrenze ab und in einer Distanz von 4 — 5 Faserbreiten sieht man nur noch ganz vereinzelte liegen. Die Auswanderung der weissen Blutkörperchen scheint mit Ablauf des ersten Tages ihr Maximum erreicht zu haben. Sie bleibt im Ganzen innerhalb recht geringer Grenzen. In keinem meiner Versuche sah ich sie sehr stark werden, und jedenfalls tritt sie verschwindend in den Hintergrund gegenüber den Veränderungen, die sich alsbald an den Muskelelementen selbst geltend machen. Schon nach 24 Stunden nämlich fällt eine Wucherung der Muskelkerne in die Augen. Man sieht, wie die Kerne langgestreckter werden, wie in ihnen 2—3 deutlich sich markirende Kernkörperchen auftreten, wie dieselben auseinander rücken, wie zwischen ihnen eine Einschnürung des Kernes stattfindet, wie schliesslich 2, 3 und mehr Kerne in einer Reihe neben einander liegen. Die äussersten von ihnen pflegen dann an ihren freien Enden konisch zugespitzt zu sein, während sie gegen ihre Nachbarn abgeplattet sind. Gewöhnlich tritt diese Wucherung nicht in den dem Aetzschorf zunächst liegenden, anscheinend intacten Fasern auf. Vielmehr scheinen diese zu einer reactiven Thätigkeit unfähig zu sein. Untersucht man Schnitte aus solchen Muskeln mehrere Tage nach der Aetzung, so findet man in der unmittelbaren Nachbarschaft des Schorfes 2—3 Lagen Fasern, welche eine eigenthümlich helle, durchscheinende Beschaffenheit haben und sich an tingirten Praeparaten durch ihren fast absoluten Mangel an jeder Färbung augenfällig machen. Ihre Querstreifung ist sehr prägnant, die einzelnen Querstreifen sind etwas auseinander gerückt, und an manchen Stellen wellig oder auch winklig gebrochen. In ihren Contouren sind diese Fasern ziemlich intact, nur hie und da zeigt sich zuweilen eine unregelmässige, klaffende Spalte, in denen man auch wohl einzelne kleine, runde Zellen liegen sieht Das Auffallendste an diesen Fasern ist das vollständige Fehlen der Kerne. Nicht nur an den Schnittpraeparaten habe ich jede Spur von ihnen vermisst, sondern auch an den isolirten frischen Fasern konnte ich durch keinerlei Reagentien einen Kern sichtbar machen. Ich glaube von diesen Fasern annehmen zu müssen, dass sie, obwohl in ihrer Form nicht direct zerstört, doch durch das Aezmittel so alterirt wurden, dass sie noch nachträglich dem Tode anheim fielen. Das Verschwinden der Kerne ist eine secundäre Erscheinung und erklärt sich auf dieselbe Weise, wie bei den Muskeln, die vorübergehend aus der Circulation ausgeschaltet waren. [1])

Die Wucherung der Muskelkerne schreitet nun immer weiter fort. Nicht allein werden die semmelzeilenförmigen Reihen länger, so dass man nach 3 — 4 Tagen nicht selten Ketten trifft, die aus 10 und noch mehr, mit ihrer Längsrichtung der Längsachse der Faser parallel gelagerten Kernen bestehen, sondern es erfolgt auch eine Vermehrung in unregelmässigerer Weise. In ungeordneten, grösseren und kleineren Haufen und Gruppen sieht man die Kerne dann beisammen liegen, gross und bläschenförmig mit scharfem Contour, meist mehrere verschieden grosse, deutliche Kernkörperchen zeigend, in ihren Formen meist oval oder rund, aber auch, wo sie dichter gedrängt liegen, in der mannigfachsten Weise polygonal. Allmälig rücken die Kerne mehr auseinander und

[1]) cf. Heidelberg l. c. Vgl. auch die Note auf Seite 550 der kürzlich erschienenen Arbeit Senftlebens: Beiträge zur Lehre von der Entzündung und den dabei auftretenden corpusculären Elementen. Virch. Arch. LXXII

werden sämmtlich oval, die Anordnung in einzelnen Reihen und Gruppen verschwindet; in wirrem Durcheinander, quer und schräg zur Längsachse der Faser gestellt, sind sie über dieselbe verbreitet. Während dieser Vorgänge ist die Querstreifung undeutlich geworden, an ihre Stelle ist vielmehr eine Längsstreifung, oder auch ein mehr körniges Aussehen der Faser getreten; nur an manchen Stellen tritt die Querstreifung noch deutlich hervor. Sehr bald sieht man nun um jeden Kern einen stark granulirten Hof entstehen, der sich meist spindelförmig in der Längsrichtung des Kerns zu beiden Seiten ausbreitet. Bisweilen erstreckt sich auch dieser Hof nur nach der einen Seite oder er umgiebt in runder oder unregelmässiger Form den Kern. Da wo die Kerne noch isolirter liegen, tritt dieser protoplasmatische Hof sehr deutlich hervor; er hebt sich durch sein körniges Aussehen sehr evident von der Substanz der Muskelfaser ab und unterscheidet sich am gefärbten Praeparat von ihr durch seine dunklere Färbung. Die Kerne mit ihrem Protoplasmahofe haben nun das Aussehen und auch die Dignität von Zellen erhalten, und zu der Zeit (5. — 6. Tag), wo diese Zellen über die ganze Muskelfaser verbreitet sind, stellt sich dieselbe in der Form derjenigen Gebilde dar, die *Waldeyer*[1]) mit dem Namen „Muskelzellenschläuche“ belegt hat.

Ehe ich auf diese Muskelzellenschläuche, die bei allen Autoren seit Waldeyer eine grosse Rolle spielen, näher eingehe, muss ich berichten, in wie weit die beschriebenen Vorgänge, die, wie wir sehen werden, durchaus eine regeneratorische Bedeutung haben, bei meinen anderweitigen Versuchen in den Muskeln statt haben.

Hat man Muskelgewebe durch einen Schnitt verwundet, so trifft man in der Nähe der Wunde an den Fasern sehr bald diejenige Veränderung, die von *Zenker*[1]) als wachsartige Degeneration beschrieben ist. Man hat vielfach darüber gestritten, ob diese Bezeichung, welche die Annahme einer chemischen Veränderung der Muskelsubstanz involvirt, gerechtfertigt sei. *Waldeyer*[1]) hat sich nicht davon überzeugen können, dass ein Unterschied zwischen derartig veränderten und normalen Muskelfasern in Bezug auf ihr Verhalten gegen Reagentien existire, und führt diese wachsartige Degeneration im Wesentlichen auf Veränderungen im optischen Verhalten, auf mechanische Momente zurück. Auch *Neumann*[2]) schliesst sich dieser Auffassung an, während *Hoffmann*[3]) der Ansicht ist, dass es sich doch um chemische, vielleicht Gerinnungsvorgänge handle. Mich selbst haben diese in „glasige Schollen und Klumpen“ zerfallenen Muskelfasern nur mit Rücksicht auf ihre etwaige Betheiligung beim Regenerationsprozesse interessirt, und wenn ich mich in Bezug auf das Wesen der in Rede stehenden Veränderung einem Urtheile der früheren Autoren anschliessen soll, so möchte ich am ehesten mit Neumann glauben, dass sie zunächst nur der optische Ausdruck eines mechanischen Vorgangs, eines Zurückschnurrens der contractilen Substanz innerhalb des Sarkolemmaschlauchs ist. Ich stelle es nicht in Abrede, halte es sogar für wahrscheinlich, dass überall da, wo eine Muskelfaser verletzt ist, eine Gerinnung der contractilen Substanz eintritt. Gewiss kann man es aber einer Muskelfaser nicht immer ansehen,

[1]) l. c.

[2]) Arch. d. Heilkunde IX.

[3]) l. c.

ob ihr Inhalt geronnen ist, oder nicht. Deshalb halte ich auch die, jedenfalls Nichts praejudizirende, Bezeichnung Neumanns „schollige Zerklüftung“ für am zweckmässigsten. Mit den Beschreibungen, die von dieser scholligen Zerklüftung gegeben worden sind, stimme ich vollkommen überein. Was die Ausdehnung dieser Veränderung über die vom Schnitte getroffenen Muskelfasern anlangt, so kann sie sich über die ganze Länge derselben erstrecken, oder einen mehr oder weniger grossen Theil von ihr einnehmen. Zu einem Theile mag dieser Unterschied in einem verschiedenen Verhalten der Muskelfasern selbst begründet seim, zum andern aber sind mechanische Momente, grössere oder geringere Schärfe des Messers, Richtung des Schnittes zum Faserverlauf, schnellere oder langsamere Führung des Instrumentes, kurz, alle diejenigen Momente, welche eine stärkere Zerrung der Muskelfaser bewirken oder vermeiden, von bestimmendem Einfluss. Unter recht günstigen Verhältnissen, d. h. bei der denkbar geringsten mechanischen Insultation, kann die schollige Zerklüftung am Schnittende der Faser sich auf ein Minimum beschränken. Ob sie ganz und gar ausbleiben kann, bin ich nicht im Stande zu entscheiden, muss aber gestehen, dass es mir nicht wahrscheinlich ist. — Die schollige Zerklüftung in ihrem ausgesprochensten Grade ist offenbar gleichbedeutend mit dem Tode der davon betroffenen Muskelfaser. Ich habe in solchen Fasern nie Kerne entdecken können, habe auch im Verlaufe der Wundheilung niemals an ihnen irgend welche reactiven Vorgänge zu constatiren vermocht, habe aber recht oft, selbst in vorgerückteren Stadien der Heilung, noch unregelmässige Trümmer zwischen jungen Muskelementen gefunden, deren Abstammung von jenen alten zerklüfteten Fasern nicht zweifelhaft sein konnte. Nun trifft man aber auch auf Muskelfasern, welche in ihrer ganzen Ausdehnung oder in einzelnen Partien neben ausgesprochenster Zerklüftung in einer Weise verändert sind, die es schwer macht, zu entscheiden, ob man sie als schollig zerklüftet bezeichnen soll oder nicht. Bei einer solchen Veränderung haben die Fasern ihre normalen Contouren im Ganzen gut bewahrt, nur hie und da zeigt sich einmal eine leichte Varicosität, ein welliger Verlauf oder ein kleiner Spalt, in dessen Umgebung man wohl auch jenen den Schollen eigenthümlichen Glanz auftreten sieht; meist aber ist die Querstreifung erhalten, wenn auch an einzelnen Stellen undeutlich oder unregelmässig gebrochen. In solchen Fasern sieht man dann auch die Mehrzahl der Kerne erhalten [1]) und sie betheiligen sich, obschon, wie es scheint, träger, als die gesunden, an der Reaction, welche auf die Verwundung eintritt.

In gleicher Weise, wie es bei den Muskelätzungen beschrieben ist, beginnen auch hier die reactiven Prozesse. Vom Auftreten mehrerer Kernköperchen in den Kernen bis zur Bildung von Muskelzellenschläuchen spielen sich die Vorgänge im Muskelgewebe hier wie dort, und zwar ziemlich genau in derselben Weise, ab. Nicht betheiligt an der Reaction sind, wie schon angedeutet, diejenigen zerklüfteten Faserabschnitte, in denen es zu vollständigem Kernschwund

---

[1]) Ich erkläre mir durch diese graduelle Verschiedenheit der scholligen Zerklüftung den Widerspruch, in welchen *Waldeyer* (l. c. p. 489) zu *Zenker* bezüglich dessen Angaben über das vollständige Fehlen der Muskelkerne bei der wachsartigen Degeneration steht. Dass übrigens die Kerne fehlen können, gesteht auch Waldeyer zu, denn er giebt nur an, dass sie bei Essigsäure- und Kalibehandlung in *vielen* Fällen deutlich hervortreten.

gekommen ist. Die Schollen bleiben zunächst als fremde Körper inmitten der jungen, wuchernden Elemente liegen und verfallen einer allmäligen Resorption. — Für die mikroskopische Untersuchung an Schnittpraeparaten sind bei den Muskelwunden namentlich zwei Umstände einigermassen störend. Durch das verwundende Messer ist der parallele Verlauf der einzelnen Fasern stark in Unordnung gebracht, so dass man auf mikroskopischen Praeparaten die Fasern in der allerverschiedensten Richtung, längs, quer, schräg durchschnitten findet, und auf diese Weise ein etwas complizirtes Bild erhält, welches man erst nach längerer Uebung und durch Vergleichung zahlreicher verschiedener Praeparate richtig deuten lernt. Ein anderer Uebelstand ist die sehr viel stärker als in der Umgebung eines Aetzschorfes auftretende Auswanderung farbloser Blutkörperchen, die namentlich an den Muskeln auffallend ist, deren auseinander weichende Wundflächen mit Catgut genäht worden waren. Besonders in der Umgebung der Catgutfäden findet man eine so dichte Infiltration des Gewebes mit Wanderzellen, dass ein klarer Einblick in die Vorgänge an den Muskelfasern selbst oft sehr erschwert wird.

Dieses letztere Moment macht sich auch bei den Muskeln geltend, die aus der Circulation ausgeschalten waren und zwar um so mehr, je länger die Ausschaltung gedauert hatte. Die Veränderungen, welche eine Extremität, die mehrere Stunden constringirt war, erleidet, tragen auch schon in so prägnanter Weise die klinischen Merkmale der Entzündung an sich, dass man sich nicht wundern darf, bei der mikroskopischen Untersuchung die anatomischen Kennzeichen in entsprechendem Grade ausgeprägt vorzufinden.[1]) Ausser der Infiltration des Gewebes mit Wanderzellen kommt noch eine starke Betheiligung der fixen Elemente des perimysium internum an der Wucherung als ein Faktor hinzu, der das mikroskopische Bild complizirt macht. — Bezüglich der Vorgänge in den Muskelfasern gelten auch hier durchaus die Angaben, die oben gemacht sind; nur ist zu bemerken, dass es nur ein Bruchtheil der Fasern ist, der sich an der Reaction betheiligt. Eine mehr oder weniger grosse Anzahl ist durch den Eingriff vollständig zu Grunde gegangen und übernimmt in der Folge lediglich eine passive Rolle. Ausserdem sind einige Eigenthümlichkeiten, die den zeitlichen Verlauf betreffen, hervorzuheben. Dauerte die Constriction nicht zu lange, überschritt sie 6 Stunden nicht, so ist ein Unterschied gegen die Vorgänge im geätzten und verwundeten Muskel kaum bemerkbar War jedoch der Muskel längere Zeit, 10 Stunden und darüber, seiner Blutzufuhr beraubt, so müssen einige Tage mehr vergehen, ehe die wuchernden Muskelelemente in ein gleiches Stadium mit jenen kommen. Diese grössere Trägheit der Reaction hat einmal darin ihren Grund, dass selbst diejenigen Muskelfasern, von denen später der Ersatz des neuen Muskelgewebes ausgeht, in ihren vitalen Eigenschaften schwer durch den Eingriff geschädigt worden sind. Eine Anzahl Kerne ist auch hier zu Grunde gegangen und nur die überlebenden sind zu einer reactiven

[1]) Hat die Dauer der Constriction ein gewisses Mass überschritten, so stellt sich die Circulation überhaupt nicht wieder, oder wenigstens nicht wieder vollständig her, und dann wird natürlich auch die Entzündung, die ohne Circulation ja nicht denkbar ist, ausbleiben, oder sich doch innerhalb geringer Grenzen halten. Nur wenn man das berücksichtigt, kann die Angabe *Heidelberg's* (l. c. S. 17), bei kurzdauernder Umschnürung sei die Auswanderung stärker, als bei langdauernder, ihre Geltung behalten.

Thätigkeit fähig. So könnte man es erklären, dass man in den verschiedenen Abschnitten der Faser oft eine verschieden weit vorgeschrittene Entwickelung der Muskelzellen antrifft, und dass es hier länger dauern kann, bis die Muskelzellenschläuche fertig sind. Aber das allein reicht zur Erklärung für den langsameren Verlauf der reactiven Vorgänge nicht aus. Es würde nicht einzusehen sein, weshalb auch die weiteren Prozesse mit geringerer Lebhaftigkeit vor sich gehen, wie wir dies in der That sehen werden, weshalb die weitere Entwicklung, sobald es einmal zur Bildung von Muskelzellenschläuchen gekommen ist, nicht mit der Entwickelung der neuen Elemente in den geätzten und verwundeten Muskeln gleichen Schritt hält. Es muss noch etwas Anderes sein, was diesen Unterschied erklärt, und ich glaube, dieses Andere ist in der grösseren Intensität der entzündlichen Erscheinungen zu suchen.

Denjenigen, welche die beschriebenen Kernwucherungen, die auf diesen oder jenen Reiz hin in den Muskelfasern auftreten, ohne Weiteres als zum Wesen der Entzündung gehörig betrachten, muss diese Ansicht freilich paradox erscheinen. Allerdings sind die in Rede stehenden Veränderungen der quergestreiften Muskelfasern geradezu als parenchymatöse Muskelentzündung bezeichnet worden, und *Waldeyer*[1]) betont, der active Character, den die Prozesse von vorn herein an sich trügen, sei es, welcher dazu auffordern müsse, sie den „entzündlichen" zuzurechnen. Indessen muss man in Betracht ziehen, dass diese Anschauungen aus einer Zeit stammen, in der man, wie Waldeyer selbst ausdrücklich sagt, vom Wesen der Entzündung „kaum etwas" wusste. Seit uns *Cohnheim* durch seine epochemachenden Arbeiten gelehrt hat, dass bei der Entzündung ein massenhaftes Auswandern weisser Blutkörperchen statt findet, hat die Annahme von der Betheiligung der fixen Gewebselemente an der Production der entzündlichen Infiltration ein gut Theil ihrer Anhänger verloren, und es glaubt heutzutage wohl kein Mensch mehr, dass die Muskelkerne an der Entwicklung der Eiterkörperchen partizipiren.[2]) Die grosse Mehrzahl der bereits oben angeführten Autoren hat gezeigt, dass die nachweislich bei der Entzündung in den Muskeln auftretende Wucherung der Muskelkerne, die zu dieser Ansicht Veranlassung gegeben hat, eine wesentlich regeneratorische Bedeutung habe. Indessen dürfte sich gewiss darüber streiten lassen, ob man deshalb berechtigt sei, dies active Verhalten der fixen Elemente in den Muskelfasern als *Regenerationsprozess* von der *Entzündung* scharf zu trennen. Schon die Gemeinschaftlichkeit des ätiologischen Moments scheint gegen eine solche Berechtigung zu sprechen. Wir sehen, wie beim Typhus neben den regenerativen Vorgängen in den Muskelfasern ganz ausserordentlich starke entzündliche Veränderungen (im *Cohnheim*'schen Sinne) auftreten; wir sehen ferner, dass alle Experimentatoren, die an Wunden die Neubildung von Muskelfasern studirt haben, auch immer entzündliche Vorgänge beobachten konnten; wir haben endlich auch in unsern Versuchen neben der Reaction der Muskelelemente eine Auswanderung weisser Blutkörperchen nicht ausbleiben sehen. Aber ich habe schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Intensität der entzündlichen Infiltration bei meinen verschiedenen Versuchsreihen eine verschiedene war, und ich möchte hier nochmals ausdrücklich

---

[1]) l. c. p. 513.

[2]) *O. Weber*, zur Entwicklungsgeschichte des Eiters, Virch. Arch. XV p. 480 ff.

hervorheben, wie gerade bei derjenigen Versuchsanordnung, bei der die Thätigkeit der Muskelkörperchen am meisten in die Augen sprang und in der That auch am energischsten war, nämlich bei der Carbolsäureätzung, die Auswanderung der weissen Blutkörperchen sich auf das geringste Mass beschränkte. Auf der andern Seite sehen wir in den temporär constringirten Muskeln, in denen die Zahl der Wanderzellen am grössten war, die Wucherung der Muskelkerne relativ träge vor sich gehen. Diese Beobachtungen beweisen mindestens, dass entzündliche Infiltration und Vermehrung der Muskelkörperchen nicht immer parallel mit einander gehen. Ja, wir werden sogar, wenn wir in Betracht ziehen, wie die Regenerationsprozesse da verlaufen, wo die Entzündung ihren höchsten Grad erreicht hat, d. h. zur Eiterung führt, in der That zu der Annahme gedrängt, dass zwischen beiden Prozessen geradezu ein umgekehrtes Verhältniss besteht. Bei der Eiterung nämlich sind die regenerativen Vorgänge in hohem Grade hintangehalten. Zwar findet man bei den früheren Autoren keine bestimmten Angaben über diesen Punkt, doch scheint mir die ausserordentlich grosse Divergenz ihrer Ansichten in Bezug auf den zeitlichen Verlauf der Regeneration darauf zurückzuführen zu sein, dass in den Versuchen, die den verschiedenen Angaben zu Grunde gelegen haben, verschieden hohe Grade der Entzündung etablirt gewesen sind. Zudem spricht es *Gussenbauer* [1]) entschieden aus, dass er „Neubildung von Muskelfasern an noch eiternden Muskeln nur ausnahmsweise beobachten konnte, wohl aber an solchen, an welchen bereits die Eiterung aufgehört hatte." Ich selbst habe über die Regenerationsvorgänge bei Muskeleiterungen wenig Erfahrung, möchte es aber nicht unterlassen, eine Beobachtung hier anzuführen, die ich an den stark eiternden Muskeln eines menschlichen Unterschenkels zu machen Gelegenheit hatte, welcher wegen einer complizirten Splitterfractur mit starker Weichtheilszerreissung, die anfangs conservativ behandelt worden war, am 12. Tage nach der Verletzung amputirt wurde. Nirgends vermisste ich zwar hier an den überhaupt reactionsfähigen Muskelfasern eine Wucherung; ansehnliche in Reihen und in Gruppen und Haufen beisammen liegende Kerne waren in allen Praeparaten zu constatiren; aber nirgends konnte ich Fasern entdecken, in denen die Wucherung auch nur so weit gediehen war, dass man von Muskelzellenschläuchen hätte sprechen können, und war sehr erstaunt, eine fortgeschrittnere Entwicklung junger Muskelelemente nicht finden zu können, wie ich sie in Anbetracht der Zeit, die seit der Verletzung vergangen, erwartet hatte. — Steht die Thatsache einmal fest, dass stets die Vermehrung der Muskelkerne um so spärlicher gefunden wird, je reichlicher die Infiltration mit Wanderzellen ist, und umgekehrt, so meine ich, geht man nicht zu weit, wenn man in der Massenhaftigkeit des entzündlichen Infiltrats den Grund sieht für die spärlichere und langsamere Proliferation der Muskelelemente, die hinwiederum desto üppiger wuchern, je mehr die Wanderzellen in den Hintergrund treten.

Zwei Prozesse, die in einem derartigen Verhältnisse zu einander stehen, tragen eo ipso den Charakter einer gewissen Selbstständigkeit an sich. Wie weit diese Selbstständigkeit geht, ob der eine Vorgang allein ohne den andern auftreten kann, das dürfte sich

[1]) l. c. S. 1044.

experimentell schon deswegen schwer erweisen lassen, weil das Muskelgewebe ein gefässführendes Gewebe ist. Jeder applizirte Reiz, der geeignet ist, die Muskeln zur Proliferation anzuregen, wird auch immer die Gefässe treffen und an ihnen diejenigen Veränderungen hervorrufen, die eine Auswanderung weisser Blutkörperchen zur Folge haben. Umgekehrt wird jede Entzündung gewiss immer von einer regenerativen Wucherung der Muskelkörperchen begleitet sein, sei es, dass der Entzündungsreiz zugleich als Regenerationsreiz wirkt, sei es, dass eine im Gefolge der Entzündung auftretende Ernährungsstörung eines Theils der Muskelprimitivbündel für andere productionsfähige secundär einen Reiz zur Proliferation abgiebt.

In Bezug auf die Frage nach der Selbstständigkeit der beiden in Rede stehenden Prozesse ist die kürzlich erschienene Arbeit *Senftleben's* „Beiträge zur Lehre von der Entzündung und den dabei auftretenden corpusculären Elementen“ [1]) von ausserordentlicher Bedeutung. *Senftleben* hat, wie mir scheint, vollgültige Beweise dafür beigebracht, dass die bei der sogenannten Aetzkeratitis auftretenden Rundzellen sämmtlich eingewanderte weisse Blutkörperchen seien. Er konnte eine Zufuhr derselben, die entweder von den episkleralen Randgefässen der cornea her, oder aus dem Conjunctivalsacke möglich ist, durch geeignete Versuchsanordnungen mit Sicherheit vermeiden und auf diese Weise die proliferirende Thätigkeit der fixen Hornhautzellen, welche nach einer Aetzung auftritt, auf das schönste und beste zur Anschauung bringen. Er hat gezeigt, dass diese Thätigkeit der fixen Elemente lediglich reparatorischen Zwecken dient, dass sie nur zur Bildung neuer Hornhautzellen führt, und dass, je weiter diese Neubildung vorschreitet, desto mehr sich das geätzte Gewebe der Norm nähert. Da im Gegensatze dazu mit dem Grade des Weiterschreitens der kleinzelligen Infiltration, ohne die man von einer Entzündung nicht reden könne, auch die schon makroskopisch sichtbare Trübung der Hornhaut wachse, so formulirt Senftleben seine Ansicht sehr bestimmt dahin, dass „Regeneration und Entzündung zwei von einander vollkommen unabhängige Vorgänge seien, die mit einander nicht das Geringste gemein haben. — —

Wir waren in der Betrachtung der auf jeden der von uns applizirten Reize eingetretenen Veränderungen in den Muskelfasern bis zu dem Stadium gelangt, in welchem sich dieselben als Gebilde darstellten, die seit Waldeyer als „Muskelzellenschläuche“ bezeichnet werden. Von verschiedenen Seiten ist gegen die Waldeyer'sche Deutung dieser Gebilde als „Muskelfasern, in welchen der ganze Muskelinhalt in eine Zellenneubildung aufgegangen sei“, Einsprache erhoben worden. Man hat gemeint, es könne sich bei diesen Bildern um eine Anfüllung der Muskelinterstitien mit Kern- und Zellenmassen handeln, die aus mechanischen Gründen ebenfalls eine cylindrische, längliche Gestalt annehmen müssten [2]). Ferner hat *Gussenbauer* [3]) behauptet, dass die Muskelzellenschläuche solche Fasern,

---

[1]) Virch. Arch. LXX p. 542 ff.

[2]) *Billroth*, über eine Art der Bindegewebsmetamorphose der Muskel- und Nerven-Substanz. Virch. Arch. VIII p. 262.

[3]) l. c. p. 1034.

beziehungsweise Faserabschnitte, seien, „in welchen die schollig zerklüftete oder körnig veränderte contractile Substanz von farblosen Zellen umlagert und in der Weise durchsetzt ist, dass diese Zellen in die zwischen den kleineren rundlichen oder eckigen Stücken befindlichen Spalträume eingedrungen sind". Von diesen Zellen soll die überwiegende Mehrzahl farblose Blutkörperchen oder Abkömmlinge derselben sein, für einen Theil jedoch wird auch die Abstammung von den Bindegewebszellen des Perimysium internum für möglich gehalten. *Gussenbauer* führt zu Gunsten seiner Erklärung namentlich an, dass er schon vor der 24. Stunde Bildungen gefunden habe, „welche den Abbildungen und Beschreibungen der Muskelzellenschläuche vollkommen entsprechen" [1]). Es ist ganz gewiss sicher, dass in so früher Zeit, wo kaum die ersten Spuren einer reactiven Thätigkeit an den Muskelfasern sich bemerkbar machen, ein Complex von Zellen nicht aus einer Vermehrung der Muskelkerne hervorgegangen sein kann; aber ebenso sicher, scheint mir, ist es, dass *Gussenbauer's* Muskelzellenschläuche, die er vor der 24. Stunde auftreten sah, etwas Anderes sind, als die Muskelzellenschläuche, die Waldeyer beschrieben hat, die zahlreiche Beobachter nach ihm gesehen haben, und die *Gussenbauer* selbst nachher gesehen zu haben scheint. Ich will es nicht leugnen, dass die Zellen, die auf einen geeigneten Reiz hin, der das Muskelgewebe getroffen, aus den Gefässen auswandern, sich auch in die Spalten und Risse der in mannigfache Schollen zerklüfteten Muskelfasern hineinbegeben. Ich habe oft selbst solche Fasern gesehen, in welche die Wanderzellen in recht ansehnlicher Zahl eingedrungen waren, und mit Bezug auf sie pflichte ich *Gussenbauer* durchaus bei, wenn er sagt, dass „zwischen den farblosen Zellen im Perimysium internum und den innerhalb der Faserquerschnitte befindlichen, mit welchen sie häufig dicht gedrängt zusammenhängen, weder in Form, noch Grösse, noch in sonst etwas ein nachweisbarer Unterschied besteht" [2]). Aber ich meine, die Zellen, welche einen Muskelzellenschlauch constituiren, zu dessen Bildung es erst 5—6 Tage nach Beginn der Reaction gekommen ist, haben denn doch charakteristische Merkmale genug, um nicht ohne Weiteres mit eingewanderten farblosen Zellen oder deren Entwicklungsformen identifizirt zu werden. Besonders sind es ihre Kerne, welche die Aufmerksamkeit der meisten Untersucher auf sich gezogen haben. Gross, oval, bläschenförmig, von scharfem Contour umgeben, stark granulirt, mit einem sehr deutlichen, meist mit zwei, drei und noch mehreren, grösseren und kleineren Kernkörperchen versehen, ähneln sie zum Verwechseln den gewucherten und vergrösserten Muskelkernen, wie sie in den als solche noch zweifellos sich darstellenden Fasern auftreten; und in früheren Stadien der Reactionsvorgänge unterscheiden sie sich aufs Allerbestimmteste von den sehr viel kleineren, runden, oft undeutlich contourirten, meist nur ein einziges Kernkörperchen führenden Kernen der Wanderzellen. In vorgeschrittneren Entwicklungsstadien, wenn sich die weissen Blutkörperchen vergrössert haben, auch wohl spindelförmig ausgewachsen sind, mögen auch ihre Kerne zuweilen eine Beschaffenerlangen können, welche eine bestimmte Unterscheidung von den Kernen der Muskelzellen schwierig macht. Aber selbst dann noch lassen sich in den meisten Fällen die protoplasmarcichen

[1]) l. c. p. 1031.

[2]) l. c. p. 1033.

Muskelspindeln von den spindelförmig ausgewachsenen weissen Blutkörperchen oder den Bindegewebsspindeln mit ihrem dürftigen Protoplasma mit grosser Sicherheit unterscheiden.

Indessen es bedarf nur eines Hinblicks auf die einzelnen Stufen der Entwicklung der Muskelzellenschläuche, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, dass ihre Zellen wirkliche Muskelzellen sind, dass sie von den Muskelelementen selbst abstammen. Wir haben bereits gesehen, wie sich die Muskelkerne vergrösserten, in Reihen und Gruppen lagerten, wie sie auseinander rückten, wie sich endlich um jeden ein protoplasmatischer Hof aus der contractilen Substanz der Faser abschied, so dass Gebilde entstanden, welche durchaus die Bedeutung zelliger Elemente erlangten. Die gewucherten Muskelkerne liegen anfangs an der Peripherie der Fasern. Wie bekannt, befinden sich im normalen Säugethiermuskel die Kerne zwischen Sarkolemma und der contractilen Substanz, und im Beginn des Wucherungsprozesses schieben sie sich zunächst in der Längsrichtung der Fasern, also an der Oberfläche derselben vor, mit fortschreitender Vermehrung aber dringen sie auch in die Muskelsubstanz selbst ein. An einer Muskelfaser, in der die Kerne bereits in unregelmässiger Weise zerstreut liegen, sieht man bei verschiedener Einstellung des Focus auf's Deutlichste, dass dieselben in verschiedenen optischen Längsschnitten der Faser sich befinden, also in die Substanz der Faser eingebettet sind. Sehr schön übersieht man diese Verhältnisse auf solchen mikroskopischen Schnitten, die senkrecht auf den Faserverlauf der Muskeln gemacht sind. In Figur 1 gebe ich die Abbildung von einem Querschnitt aus dem extensor digitorum eines Kaninchenunterschenkels, 4 Tage nach einer 6 stündigen Constriction dem Thiere entnommen. Der Schnitt ist hier sehr glücklich gelungen, die Fasern sind genau senkrecht auf ihre Längsrichtung getroffen, ausserdem ist die Infiltration mit Wanderzellen und die Wucherung der Bindegewebszellen des Perimysium internum auf ein geringes Mass beschränkt geblieben, so dass die Verhältnisse in den Muskelfasern relativ deutlich hervortreten. Wir sehen zunächst eine Faser länglich rund in ihrem Querschnitt, durch einen deutlichen Contour begrenzt, von hellem leicht körnigem Aussehen, in der kein einziger Kern zu bemerken ist (a). Diese Faser ist offenbar eine derjenigen, für die eine 6 stündige Circulationsunterbrechung bereits hingereicht hat, sie absterben zu lassen. Weiter finden sich Faserquerschnitte, in deren Peripherie einzelne jener grossen bläschenförmigen Kerne liegen, um die sich bereits ein gegen die übrige helle Substanz auffallend sich absetzender Hof gebildet hat (b). Diese Querschnitte entsprechen solchen Fasern, in denen die Mehrzahl der Kerne zu Grunde gegangen, und in denen nur von den übrig gebliebenen die Wucherung ausgegangen ist. Bei c endlich sehen wir zwei Querschnitte, deren einer vollständig, deren anderer zum grössten Theil von den ovalen Kernen eingenommen ist, die meist schon mit dem dunkeln Protoplasmahofe umgeben sind. Dass diese Gebilde wirklich Faserquerschnitten entsprechen, beweist ihre Abgrenzung vom übrigen Gewebe und namentlich auch der Umstand, dass bei dem einen in der Mitte noch ein Streifen heller, leicht körniger Substanz erhalten ist, die sich in Nichts von der der übrigen Faserquerschnitte unterscheidet. Von demselben Muskel ist in Figur 2 eine Abbildung gegeben, welche die Verhältnisse auf dem Längsschnitte illustrirt.

Nach dem Vorangegangenen wird es wohl kaum noch zweifelhaft sein, dass die als

Muskelzellenschläuche benannten Zellencomplexe in der That aus den Muskelelementen selbst hervorgegangen sind, und dass *Billroth* und *Waldeyer* ein Recht haben, diese Umwandlung als ein „Aufgehen der Muskelsubstanz in der Neubildung“ zu bezeichnen. Freilich ist es eine andere Frage, wie lange man von Muskelzellen*schläuchen* sprechen kann, d. h. bis zu welcher Zeit das Sarkolemma als eine die Zellen in einem Schlauche zusammenfassende Membran erhalten bleibt. Diese Frage dürfte nicht so leicht zu entscheiden sein. Zerzupft man ein einer wuchernden Muskelpartie am 5—6 Tage nach Application des Reizes entnommenes Stückchen frisch in Kochsalzlösung, so sieht man im Gesichtsfelde neben rothen und weissen Blutkörperchen eine sehr zahlreiche Menge meist spindelförmiger, hie und da auch rundlich oder unregelmässig geformter Elemente, die sich durch ihren charakteristischen Kern sofort als „Muskelzellen“ verrathen. Dann bieten sich dem Auge Muskelfasern dar, die bis auf eine leicht körnige Veränderung oder eine gegenüber der Querstreifung sehr deutlich hervortretende Längsstreifung normal sind. Ferner erblickt man Fasern, in denen eine mehr oder weniger starke Wucherung der Kerne in den beiden beschriebenen Typen zu constatiren ist; aber nur recht selten trifft man auf solche Formen, die man mit Fug und Recht als mit einer Membran versehene Muskelzellenschläuche bezeichnen könnte. Auf Schnittpraeparaten ist es noch schwieriger, den Sarkolemmaschlauch mit Sicherheit zu erkennen; meist dürfte es sowohl auf Quer- als auf Längsschnitten unmöglich sein, im einzelnen Falle zu unterscheiden, ob noch ein Sarkolemmaschlauch erhalten ist, oder nicht. Nach dem, was ich gesehen habe, glaube ich, dass in einzelnen Ausnahmefällen zu der Zeit, wo die Muskelfaser sich zu Muskelzellen umgewandelt hat, das Sarkolemma noch persistirt, dass es aber in der Regel — auf welche Weise, vermag ich nicht zu sagen — irgend wie zu Grunde gegangen ist. Insofern hat man dann allerdings ein Recht, zu sagen, dass es sich nicht um Muskelzellenschläuche handelt, sondern um eine Anfüllung der Muskelinterstitien mit Zellenmassen — nur muss man sich dabei bewusst sein, dass diese Zellenmassen aus veritabeln Muskelzellen bestehen.

Ebensowenig, wie man den Modus zu bestimmen im Stande ist, nach welchem das Sarkolemma zu Grunde geht, kann man den Zeitpunkt genau festsetzen, in welchem dies geschieht. Sicher scheint es mir zu sein, dass an einem guten Theil der Muskelfasern, noch ehe die Gesammtmasse der contractilen Substanz sich um die gewucherten Kerne herum in protoplasmatische Umhüllungen umgewandelt hat, nichts mehr von einer Sarkolemmamembran zu entdecken ist. Schon bevor die sich vermehrenden Muskelkerne bis in's Centrum der Muskelsubstanz vorgedrungen sind, ja selbst dann schon, wenn sie sich noch in den peripheren Theilen derselben befinden, hat sich jener protoplasmatische Hof gebildet, und schon um diese Zeit fangen dieselben mit ihrer Protoplasmaumhüllung als nunmehr fertige Zellen an, von der Mutterfaser sich loszulösen. An der Grenze der jungen Zelle entsteht ein einfacher Spalt, der sich allmälig um die ganze Zelle herum erstreckt und sie vollständig isolirt. Der Contour der Faser erhält dadurch eine sinusartige Einbuchtung, in der anfangs die junge Muskelzelle noch liegen bleibt, ohne jedoch durch eine sich über sie hinwegspannende (Sarkolemma-) Membran festgehalten zu sein. An vielen Fasern sieht man, auf Quer- und Längsschnitten, solche Einbuchtungen in der contractilen Substanz, in die genau hineinpassend, nur durch einen schmalen Riss getrennt, die abgespaltenen

Muskelzellen liegen. Fig. 1 d, 3 a und 4 a stellen solche Bilder dar. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass man je nach dem Stadium der Muskelzellenentwicklung diese Einbuchtungen in der mannigfaltigsten Weise zu Gesicht bekommen kann, und dass man, wenn zufällig im Centrum der Faser die Muskelzellenbildung am weitesten fortgeschritten ist, auf einem Querschnitt Bilder erhalten kann, wo in der Mitte der Faser in einem Hohlraum eine diesem entsprechend geformte Muskelzelle liegt, während in der Peripherie die alte Muskelsubstanz relativ unverändert ist. (Fig. 1 bei c).

Gussenbauer findet in diesen Sinusbildungen, deren Beschreibungen bei ihm genau meinen Bildern entsprechen, einen Beweis für die Richtigkeit seiner Erklärung bezüglich des Entstehens der Muskelzellenschläuche. S. 1034 seiner angeführten Arbeit sagt er: „dass sie (die Zellen der Waldeyer'schen Muskelzellenschläuche) aber wirklich von Aussen eingedrungen seien, beweisen mir die Einbuchtungen der contractilen Substanz, welche ebensowohl an der Peripherie der Fasern, als mehr gegen die Mitte zu beobachten sind und den Zellendurchmessern meistens in ihrer Grösse entsprechen". Ich kann diese Beweisführung *Gussenbauer's* nicht für überzeugend halten. Ich vermisse den Grund, der zu der Annahme zwingt, dass die in der Einbuchtung liegende und ihren Wänden sich genau anschmiegende Zelle von Aussen eingedrungen sein muss. Warum kann sie sich nicht ebenso gut von der Substanz abgespalten haben? Die Thatsache, dass die Zelle in der Einbuchtung liegt und in sie hineinpasst, spricht als solche zunächst ebensosehr oder ebensowenig für die eine, wie für die andere Art der Herkunft der Zelle. Ich stelle es keineswegs in Abrede, dass von Aussen gegen die Substanz der Muskelfaser andringende zellige Elemente derlei Einbuchtungen zu Wege bringen können; hat doch *Volkmann* [1]) gezeigt, dass wuchernde und gegen die Muskelfasern sich vorschiebende Carcinomzellen selbst das Sarkolemma durchbrechen und die contractile Substanz „lacunär einschmelzen" und „usuriren" können. Es mag dahin gestellt bleiben, ob weisse Blutkörperchen dies auch können. Ob sie es aber in der Zeit thun können, in welcher sich die Muskelzellenschläuche ausbilden, d. h. in 5 — 6 Tagen, das dürfte sich doch sehr fragen. Dass sie es in 24 Stunden oder gar vor der 24. Stunde zu Stande bringen sollen, wie *Gussenbauer* es ihnen zutraut, halte ich für unmöglich.

Obwohl für mich die Entstehung der Muskelzellen durch Abspaltung der mit dem Protoplasmahofe umgebenen Muskelkerne nicht zweifelhaft war, nachdem ich ihre Entwicklung an sehr zahlreichen Praeparaten Schritt für Schritt verfolgt, und meine Beobachtungen und Deutungen immer wieder bestätigt gefunden hatte, und nachdem mir sogar öfters Bilder zu Gesicht gekommen waren, die mir einzelne Muskelzellen gerade in der Abspaltung begriffen zeigten: mit dem einen Ende noch an der Muskelfaser hängend, mit dem andern von ihr abstehend (vgl. Fig. 2b, 3b, 4b), so stellte ich doch, um mich über das passive Verhalten der Muskelfasern gegenüber den Wanderzellen bezw. gegenüber lebendem Gewebe zu unterrichten, folgenden Versuch an. Ein vielleicht $^1/_4$ *cctm* grosses, würfelförmiges Stückchen Muskel aus dem extensor digit. brachte ich 6 Stunden, nachdem ich es dem frisch getödteten Kaninchen entnommen, gut desinficirt und unter antiseptischen Cautelen in die Bauchhöhle eines lebenden Thieres. Acht Tage nachher tödtete ich das

[1]) Zur Histologie des Muskelkrebses. Virch. Arch. L S. 543 ff.

Thier, welches den Eingriff scheinbar ohne jede Störung seines Wohlbefindens überstanden hatte. Bei der Sektion fand ich das Muskelstückchen, in dünne, zarte Bindegewebsmembranen eingehüllt, am Netz in der Nähe der grossen Curvatur des Magens angelöthet. Es war in seinen Dimensionen etwas vergrössert, auf dem Durchschnitte von gelblich-weisser Farbe, in seiner Faserung als Muskelgewebe indessen deutlich erkennbar. Ein mikroskopischer Schnitt, wie ein solcher in Figur 7 abgebildet ist, zeigt folgende Verhältnisse. An der Peripherie des Muskelstückchens (bei a) findet man ein sehr zellenreiches fibrilläres Bindegewebe mit zahlreichen Gefässen, die sich theils auf dem Quer- theils auf dem Längsschnitt präsentiren. Dasselbe erstreckt sich mehr oder weniger weit in die peripherstен Theile des Muskelgewebes hinein. An den Muskelfasern ist zunächst ein vollständiger Verlust der Kerne zu bemerken. Ich habe an keiner einzigen auch nur noch eine Spur von ihnen wahrnehmen können. Die Querstreifung ist zum grössten Theil verschwunden, und hat einer feinen Körnelung oder Längsstrichelung Platz gemacht; nur hie und da ist sie noch angedeutet. Am Auffallendsten ist eine Zerspaltung in der Längsrichtung, die sich mit wenig Ausnahmen an allen Fasern zeigt. Um die Hälfte, ja um den dritten bis achten Theil in den Dickendurchmessern geringer als normale Fasern, in ihren Contouren höchst unregelmässige Figuren darstellend, sieht man längs, quer und schräg getroffene Faserstücke, oft isolirt in dem zellenreichen Gewebe liegend, oft auch noch so nebeneinander sich befindend, nur durch einen feinen Spalt oder einzelne kleine, runde Zellen getrennt, dass sie zusammen eine in mehrere Stücke zerspaltene, alte Faser darstellen. Vielfach bekommt man diese Spaltung auch noch unvollendet zu Gesicht. Auf Längsschnitten kann man eine oder mehrere solcher Spalten bis zu ihrem Ende, das sich mitten in der Faser befindet, verfolgen, so dass letztere bisweilen ein beinkleiderförmiges Aussehen erhält. Häufig zeigen sich, auf Querschnitten der Faser sowohl wie auf Längsschnitten, auch kurze, helle oder dunkle — je nach der Einstellung des Focus — Linien, die solchen beginnenden Spaltbildungen entsprechen. Die einzelnen abgespaltenen Faserstücke zeigen alle ein parallele Begrenzung; nirgends aber sieht man Bildungen, welche den Einbuchtungen entsprechen, wie sie durch Abspaltung junger Muskelzellen an den alten Fasern geschaffen werden. Ich halte dies für einen Beweis dafür, dass in 8 Tagen von aussen andringende Zellen an den Muskelfasern keine Einbuchtungen bewirken können, und dass, wo solche vorkommen, dieselben auf andere Weise entstanden sein müssen.

Man wird mir gegen die Beweiskraft dieses Versuchs einwenden können, dass es sich bei ihm um ein todtes Muskelstück handle, und dass man daraus, dass an todten Muskelfasern andringende Zellen bis zum 8. Tage noch keine Einbuchtungen bewirken, nicht zu schliessen berechtigt sei, dass sie dies im lebenden Muskelgewebe ebensowenig im Stande seien. Obwohl es nun a priori gewiss wahrscheinlich ist, das todte Muskelfasern den andringenden Zellen weniger Widerstand entgegensetzen, als solche, die lebend sind, oder die sogar in einem Zustande erhöhter vitaler Thätigkeit sich befinden, so will ich doch noch anführen, dass diejenigen Fasern, aus denen *Gussenbauer* die Muskelzellenschläuche hervorgehen lässt, solche sind, die schollige Zerklüftung zeigen, deren Lebensfähigkeit also ganz oder doch zum grössten Theil erloschen ist. Deshalb glaube ich, dürfte meinem Versuche eine gewisse Bedeutung nicht abzusprechen sein, obwohl ich

bereitwilligst anerkenne, dass sein Werth nur ein relativer ist. Bei der Resorption der todten Muskelfragmente spielen später gewiss die weissen Blutkörperchen eine Rolle, ebenso wie sie es bei der Arrosion von Knochensequestern und Elfenbeinstiften thun, wenigstens findet man an solchen zwischen jungem Gewebe liegenden Schollen, in späteren Stadien zackige und buchtige Contouren, die für einen derartigen Vorgang zu sprechen scheinen. Zu der Zeit aber, wo die Muskelzellenschläuche ausgebildet sind, oder wo sich bereits junge Zellen abgespalten haben, können andringende zellige Elemente irgend welche auffällige Veränderungen an den alten Fasern sicherlich noch nicht bewirkt haben.

Für die Entstehung der Ansichten *Gussenbauer's* über die Bildung der Muskelzellenschläuche scheint mir namentlich das verantwortlich gemacht werden zu müssen, dass er erstens die mit weissen Blutkörperchen durchsetzten, schollig zerklüfteten Fasern und die echten Waldeyer'schen Muskelzellenschläuche — zwei offenbar ganz heterogene Sachen, die Nichts mit einander zu thun haben — für verschiedene Entwicklungsstadien eines und desselben Processes angesehen, und dass er zweitens nicht beachtet hat, dass Abspaltungen junger Muskelzellen sehr häufig sind schon zu einer Zeit, in der noch nicht die Gesammtmasse der Muskelsubstanz „in die Zellenneubildung aufgegangen ist." Dieser letztere Umstand ist auch noch insofern bedeutungsvoll, als er von Einfluss auf seine Anschauungen über die Entwicklung der jungen Muskelfasern gewesen ist. Die grosse Mehrzahl der Autoren ist in den gleichen Fehler verfallen, der ihre, von den meinigen abweichenden Anschauungen erklärt, sich aber, wie ich glaube, leicht widerlegen lässt.

Spalten sich von einer Muskelfaser, deren Kerne in eine energische Wucherung gerathen sind, von der Peripherie nach und nach junge Muskelzellen ab, so wird die Muskelfaser mit dem Grade der Abspaltung schmäler und schmäler, und wir finden dann, umgeben von jungen Muskelzellen, Gebilde, die unregelmässig ausgezackt sind, im Ganzen parallele Begrenzungen haben, oft auch in eine Spitze auslaufen, oder an dem einen Ende kolbig verdickt erscheinen. Diese Reste der alten Muskelfasern zeigen meist ein feinkörniges Aussehen oder eine Längsstreifung, selten ist an ihnen noch Querstreifung angedeutet. Die Kerne der alten Faser, die, während sich die Abspaltung an der Peripherie vollzog, nun auch weiter nach dem Centrum vorgedrungen waren, sind in dem Reste natürlich ebenfalls vorhanden und vermehren sich hier weiter, bald nach einer Richtung hin, bald unregelmässig sich vorschiebend. Erfolgte aber die Abspaltung der jungen Zellen nicht so gleichmässig in der ganzen peripheren Zone, sondern ging sie in unregelmässiger Weise, vielleicht an den beiden Enden lebhafter, wie an der Peripherie, und hier wieder an einzelnen Stellen energischer, als an andern, vor sich, so bleiben sehr mannigfaltig geformte Reste zurück, bald mit runden, ovalen oder buchtigen Contouren, bald verschiedene spitze Fortsätze ausschickend, bald an einem Ende stark kolbig verdickt, am andern in eine Spitze auslaufend, kurz, die bizarrsten, wunderbarsten Gestaltungen darstellend. Sie sind mehr oder weniger reichlich mit Kernen versehen und haben oft eine sehr auffallende Aehnlichkeit mit grossen Riesenzellen, in denen die Kerne durch das ganze Protoplasma zerstreut liegen. Die Substanz ist auch hier wieder von körnigem oder streifigem Aussehen. Diese verschiedenartig geformten Reste der in Muskelzellen zerfallenden alten Fasern, die ihrerseits bei fortschreitender Entwicklung ebenfalls noch in ein-

zelne Muskelzellen sich trennen, sind ohne Zweifel die Gebilde, die von den Autoren als „bandförmige Elemente“, „kernreiche Platten“, „Muskelplatten“, „plaques à plusieurs noyaux“ bezeichnet und als junge Formen sich neu bildender Muskelfasern angesprochen worden sind. Schon *Waldeyer* hat diese Formen als im Zerfall begriffene Primitivbündel gedeutet — freilich im Sinne einer regressiven Ernährungsstörung — und giebt gerade die eigenthümlich unregelmässige Vertheilung und haufenweise Gruppirung der Kerne als charakteristisches Zeichen der im Zerfall begriffene Fasern an. *Hoffmann*, der, wie die übrigen Autoren diese merkwürdigen Gebilde für junge Muskelfasern hält, folgert aus jenem Verhalten der Kerne gerade das Gegentheil.

Ich übergehe hier die Gründe, die von den einzelnen Autoren dafür angeführt worden sind, dass die „bandförmigen Elemente“ und „kernreichen Platten“ neugebildete Muskelelemente seien, indem ich auf die verschiedenen Arbeiten verweise, und will nur für meine Ansicht, nach der diese Gebilde als Reste alter Fasern aufzufassen sind und im weiteren Verlauf der Entwicklung sich ebenfalls in Muskelzellen zerspalten, Folgendes anführen. Je längere Zeit nach der Application des Reizes, der eine Regeneration der Muskelfasern hervorrufen sollte, verstrichen, je weiter also die Entwicklung vorgeschritten war, desto seltner und spärlicher habe ich die „bandförmigen Elemente“ und die „kernreichen Platten“ angetroffen. Auch an demselben Muskel habe ich zu einer gewissen Zeit in den Partien, in denen die Neubildung am Weitesten vorgerückt war, die in Rede stehenden Bildungen stets vermisst, während sie in den Bezirken, in denen die Wucherung noch nicht so weit gediehen, immer zu finden waren. Ein Blick auf Fig. 3. zeigt, wie in der dem Aetzbezirk am nächsten gelegenen Partie der überhaupt wucherungsfähigen Muskeln alle Fasern vollständig zu spindelförmigen Muskelzellen zerfallen sind, während man die „Bänder“ und „Platten“ desto reichlicher findet, je weiter man sich vom Aetzbezirk entfernt. Weiter scheinen mir die zackigen Ränder und die in ihren Einbuchtungen liegenden Muskelzellen, sowie Zellen, die halbgelöst mit einer Spitze noch festhängen, im hohem Grade für meine Ansicht von der Natur und der Bedeutung der fraglichen Gebilde zu sprechen. Sieht man sich die Abbildungen der Autoren näher an, die sie von ihren jungen Elementen geben, so wird man sich oft des Eindrucks nicht erwehren können, als ob es sich bei ihnen vielmehr um Reste alter Fasern handle. Ich habe hier namentlich Fig. 5 bei *Heidelberg*[1]) im Sinn, von deren „dunkeln Bändern“ *Heidelberg* meint, dass sie ohne Zweifel neugebildete Fasern seien. Und doch hat der Zeichner, der offenbar gesucht hat, den natürlichen Verhältnissen bis in die kleinsten Details Rechnung zu tragen, auf dem am Weitesten nach rechts gelegenen Bande an seinem rechten Rande eine Muskelzelle abgebildet, die zur Hälfte abgelöst ist, zur Hälfte noch fest sitzt.

Noch einige andere, von einzelnen Autoren beschriebene und für die Entwicklung der jungen Muskelfasern als bedeutungsvoll angesehene Gebilde sind es, welche ich als Ueberbleibsel alter Fasern, von denen sich junge Muskelzellen abgespalten haben, deuten zu müssen glaube. Es kommt öfters vor, dass die Wucherung der Muskelkerne in verschiedenen Faserabschnitten eine verschieden energische ist. Worin das seinen Grund hat, vermag ich nicht mit Sicherheit

[1]) l. c.

zu sagen. Es liegt nahe, anzunehmen, dass in denjenigen Faserenden, die der Einwirkungsstelle des Reizes zugekehrt liegen, am frühesten die vitale Reaction beginnt, und dass erst allmälig der andere Theil der Faser, am spätesten das entgegengesetzte Ende in den Wucherungsprozess hineingezogen wird. So kann es kommen, dass bereits an dem einen Ende der Faser die Abspaltung junger Zellen reichlich stattgehabt hat, während am anderen erst kaum eine nennenswerthe Kernvermehrung eingetreten ist. Die Abspaltung an dem in der Wucherung am meisten fortgeschrittenen Ende geht auch hier wieder in der mannigfaltigsten Weise vor sich. So bekommt man denn zu einer gewissen Zeit Muskelfasern zu sehen, die in einem Theil ihrer Ausdehnung so gut wie ganz normal sind, parallele Begrenzung, deutliche Querstreifung zeigen, und in denen sich höchstens die Kerne in etwas reichlicherer Zahl vorfinden, die aber dann auf einmal sich verschmälern, unregelmässig zackige und buchtige Begrenzungen bekommen, sich hie und da wieder verbreitern, um wieder schmäler zu werden, in eine Spitze auslaufen, oder auch an ihren freien Ende eine kolbige Anschwellung zeigen. Diese veränderten Muskelfaserenden zeigen meist eine auffallende Vermehrung der Kerne, die Querstreifung ist an ihnen verschwunden, es zeigt sich vielmehr eine Längsstreifung oder ein körniges Aussehen. Die Körnelung und Längsstreifung erstreckt sich dann wohl auch ein Stück auf den übrigens normal gestalteten Theil der Muskelfaser, die dann nach einer Strecke undeutlicher und verwischter Querstreifung wieder die normale Beschaffenheit zeigt. — Diese Gebilde, die ich, wie gesagt, als Ueberbleibsel alter Fasern ansehe, und von denen ich ebenso, wie von den „bandförmigen Elementen“ glaube, dass sie sich noch weiter in einzelne Muskelzellen zerspalten, sind meiner Meinung nach dieselben, welche *Neumann*[1]) als „Muskelknospen“ bezeichnet hat. Wenigstens ist es mir unmöglich gewesen, in irgend einem meiner Praeparate Formen aufzufinden, welche der Neumann'schen Beschreibung von seinen „Knospen“ mehr entsprochen hätten. Ich kann also, vorausgesetzt, dass Neumann und ich dieselben Gebilde meinen, gemäss meiner im Vorstehenden entwickelten Ansicht über die Herkunft dieser Elemente nicht zugeben, dass es wirkliche Auswüchse sind, die wie die Knospen der Pflanze aus den alten Fasern hervorsprossen. Ich kann auch ferner nicht zugeben, dass diese „Knospen“ als solche weiterwachsen, regelmässige Contouren bekommen, Querstreifung und Sarkolemm erhalten, kurz, zu jungen Fasern werden. Niemals habe ich Bildungen gesehen, die mich zu einer solchen Annahme hätten bestimmen können; im Gegentheil kann ich auch hier nur wieder anführen, dass ich, je weiter die Entwicklung vorgeschritten war, die „Knospen“ um so seltner und kleiner, dagegen um so häufiger nnd grösser die Elemente gefunden habe, die man als die jungen Muskeln ansehen muss, und von denen wir noch weiter werden zu reden haben.

Einer Besprechung bedürfen vorher noch die Formen, aus denen nach *Gussenbauer's* Ansicht sich die jungen Muskelfasern entwickeln. Sie entsprechen in ihrer Beschreibung und Abbildung, wie auch Gussenbauer selbst bemerkt, fast vollständig den Neumannschen Muskelknospen. Nur seine Deutung ist eine andere. „Die jungen Muskelfasern sind nicht etwa nach Art der Pflanzenknospen aus den alten Fasern hervorgewachsen, das Bildungsmaterial für dieselben ist

[1]) Arch. f. mikr. Anat. IV. p. 323 ff.

in seiner ersten Anlage vielmehr in den körnig veränderten Abschnitten der alten Faser gegeben, welche sich durch die bei der Entzündung eintretenden Veränderungen zu einer Protoplasmamasse umwandeln, und wegen der zahlreichen, durch Theilung aus den alten Muskelkernen hervorgegangenen Kerne als vielkernige Zellen aufgefasst werden können, welche mit den alten Fasern in Verbindung stehen."[1]) Wie man sieht, nähert sich die Ansicht *Gussenbauer's* insofern der meinen, als auch er diese Formen als veränderte Abschnitte alter Fasern auffasst. Ja auch über ihre Entstehung stimmt er mit mir darin überein, dass sie ebenso wie die, gleiche Bedeutung habenden „bandartigen Elemente", durch einen Abspaltungsprozess zu ihrer Gestalt gelangen, — freilich, wie er meint, durch einen Abspaltungsprozess, der durch jene von aussen eingedrungenen Zellen bewirkt wird. Da *Gussenbauer* eine solche Abspaltung annimmt, da er die „Muskelknospen" als mehrkernige, abgegrenzte, aber mit den alten Fasern in Zusammenhang stehende Spindelzellen auffasst, da er sogar einzelne Spindelzellen sich vollkommen loslösen und isolirt nach dem Typus der embryonalen Bildung zu jungen Muskelfasern entwickeln lässt, ist es mir um so auffallender, dass er eine weitere Zerspaltung der Muskelknospen nicht beobachtet hat.

Ich habe bei der Darlegung meiner Ansicht über die Entstehung und Bedeutung der „Knospenbildung" bisher vorzugsweise diejenigen Formen im Auge gehabt, bei denen eine unveränderte Muskelfaser in einen einzigen, unregelmässig begrenzten, bald in eine Spitze auslaufenden bald am Ende sich kolbig verdickenden Fortsatz überging. Es fragt sich, wie es um die Fasern steht, welche in mehrere knospenartige Bildungen sich fortsetzen, deren sowohl *Neumann* als *Gussenbauer* Erwähnung thun, und von denen der Letztere in seiner Fig. 16 sogar fünf an einer Faser abbildet; es fragt sich ferner, wie die *Neumann*'schen lateralen Knospen aufzufassen sind.

Was diese letzteren betrifft, so muss ich sagen, dass ich seitlich sich an die alte Faser ansetzende Sprossen, die eine Beschaffenheit, wie die in der Verlängerung sich fortsetzenden, gehabt hätten, nie habe beobachten können, und dass, wo ich Bildungen antraf, die mich an die lateralen Knospen erinnerten, dieselben entweder halb losgelöste, mit dem einen Ende noch in Zusammenhang mit der alten Faser stehende Muskelzellen waren, oder sich als „terminale" Knospen erwiesen, die von der Längsrichtung der alten Faser unter einem mehr oder weniger grossen Winkel sich abgebogen hatten. — Von dem multiplen terminalen Knospen gilt für einen grossen Theil bezüglich ihrer Entstehung dasselbe, was ich schon bei Besprechung der solitären angeführt habe. Die Abspaltung der Muskelzellen kann bisweilen an dem einen Ende der Muskelfaser in der Weise unregelmässig vor sich gehen, dass zwei oder mehrere gleich oder verschieden lange und breite Fortsätze von der alten Muskelsubstanz übrig bleiben. Gewiss aber wird ein Theil dieser multiplen Kospen auch durch beinkleider- oder geisselförmige Zerspaltung in der Längsrichtung gebildet, welche die Substanz der Faser erleidet. Ich habe schon mehrfach angegeben, dass Fasern, in welchen eine starke Kernvermehrung eintritt, immer mehr ihre Querstreifung verlieren und dafür ein körniges Aussehen oder eine Längsstreifung bekommen, die bisweilen ausser-

[1]) l. c. p. 1039.

ordentlich deutlich ausgeprägt ist. In diesem Stadium der Veränderung der contractilen Substanz zeigt dieselbe eine ausgesprochene Neigung, in der Längsrichtung sich in einzelne, mehr oder weniger breite Theile zu spalten. Es ist bekannt, dass Muskelfasern nach der Einwirkung mancher Reagentien in der Längsrichtung zu einzelne Fibrillen zerfallen, und bei verschiedenen pathologischen Zuständen ist schon lange eine derartige longitudinale Zerklüftung aufgefallen. *Friedreich* beschreibt in seinem Werke [1]) die vielfach bei der progressiven Muskelatrophie sich vorfindende Neigung der einzelnen Fasern, sich in der Längsrichtung in einzelne Bänder zu theilen und sogar in kleine spindelförmige Körper zu zerfallen („spindelförmige Zerklüftung"). Auch bei Muskelentzündungen beobachtete er diese Veränderungen und auf Tafel IV, Fig. A seines angeführten Werkes bildet er eine Muskelfaser ab, die aus der Nähe einer Perforationsstelle eines durchgebrochenen Empyems stammt, und in der sich gröbere Längsspalten befinden, „als ob sie innerhalb des Sarkolemma's in gröbere Längsbänder oder langgestreckte Spindeln sich zu theilen im Begriff stände." *Friedreich* erklärt diese Veränderung durch die Annahme „einer zunächst auf die, die letzten morphologischen Bestandtheile der Muskelfasern (die sarcous elements) zusammenhaltenden Kittsubstanzen sich beziehenden Ernährungsstörung und Verflüssigung, durch welche, weil dieselbe hier zunächst das Querbindemittel der Fleischelemente beträfe, die Neigung zu longitudinialer Zerklüftung und fibrillärer Spaltung hervorträte" [2]).

Dass auch in den Muskelfasern, die an einer regenerativen Wucherung betheiligt sind, wesentliche Umwandlungen der contractilen Substanz vor sich gehen, haben wir bereits gesehen, als wir die sichtbaren Veränderungen von Beginn des Undeutlichwerdens der Querstreifung bis zur Abspaltung der Muskelzellen verfolgten. Dass diesen physikalischen Erscheinungen eine Veränderung in der chemischen Constitution der Muskelsubstanz zu Grunde liegt, ist doch gewiss sicher, und können wir annehmen, dass auch hier das Querbindemittel an der chemische Metamorphose betheiligt ist. Ebenso, wie es *Friedreich* von jener Muskelfaser abbildet, habe auch ich oft an unseren Regenerationsmuskeln die „gröberen Längsspalten" gesehen, die den Beginn einer Zerklüftung des einen Faserendes in mehrere Bänder anzeigten. Es begreift sich, dass, wenn sich hiermit noch eine Abspaltung einzelner Muskelzellen combinirt, es zu den wunderbarsten und mannigfaltigsten Gebilden kommen kann. Gewiss sind die Originale vieler Abbildungen *Hoffmann's*, die er als aus mehreren Muskelzellen zusammengewachsene Gebilde deutet, auf diese Weise entstanden zu denken. In vielen Fällen kann an Fasern, an denen die Wucherung und die Veränderungen der contractilen Substanz allerwegen ziemlich gleichmässig fortgeschritten ist, die Spaltbildung die ganze Länge der Faser durchsetzen, so dass sie wirklich in zwei oder mehrere Bänder mit reichlicher Kernwucherung getheilt wird. Auf diese Weise kann ein Theil der „bandförmigen Elemente", von denen oben die Rede war, entstehen, und würde ich auf diesen Ursprung diejenigen Bänder zurückführen, bei denen die Contouren nicht unregelmässig, sägeförmig sind, sondern parallel mit einander verlaufen.

[1]) *Friedreich*, über progressive Muskelatrophie, über wahre und falsche Muskelhypertrophie. Berlin 1873 p. 52.

[2]) l. c. p. 52.

Bei Gelegenheit der Erwähnung meines Versuches, der ein Muskelstückchen betraf, das ich in die Bauchhühle eines lebenden Thieres brachte, habe ich eine gleiche longitudinale Zerklüftung der Muskelfasern bereits beschrieben. Ich berichtete, dass man an diesen Muskelfasern Spaltbildungen sähe, welche theils die Substanz in ihrer ganzen Ausdehnung durchtrennten, theils sie blos in einem Theile durchsetzten, und dass man oft auch blos inmitten der Muskelsubstanz kurze Risse erblickte, den ersten Beginn der longitudinalen Spaltung. Genau dieselben Bilder erhält man, sowohl auf dem Längs- als auf dem Querschnitt, an den in regenerativer Wucherung sich befindenden Muskelfasern. Nur bekommt man sie natürlicher Weise sehr viel seltner zu Gesicht, da der Vorgang nur an einem Bruchtheil der Muskelfasern einzutreten pflegt. Als ich zuerst auf diese Bilder aufmerksam wurde, glaubte ich in ihnen eine Bestätigung der Lehre *Neumann's*[1]) zu finden, der, wie ich Eingangs schonerwähnt habe, die neuen Muskelfasern durch Längsspaltung der alten entstehen lässt. Indessen bin ich davon zurückgekommen, und zwar aus folgenden Gründen. Erstens habe ich die Spaltbildungen doch zu selten gesehen, als dass ich ihnen eine wesentliche Bedeutung für den Neubildungsprozess hätte zuschreiben können. Sie treten verschwindend zurück gegen die Abspaltung in Form der Muskelzellen, die ich als wesentlich für die Regeneration ansehen muss. Wenn nun auch *Neumann* seine Untersuchungen an Typhusmuskeln gemacht hat, über die ich keine eigenen Erfahrungen besitze, so sind doch die Vorgänge hier, wie auch *Waldeyer* hervorhebt, den Veränderungen, die durch einen tramatischen Reiz hervorgerufen werden, so ähnlich, dass man, wenn man überhaupt diese Vorgänge mit der Regeneration in Zusammenhang bringt, füglich nicht daran zweifeln kann, die Regeneration erfolge hier wie dort nach ein und demselben Typus. Zudem erwähnt kein einziger weiterer Autore die Spaltungsprozesse bei den Typhusmuskeln. Wären sie bedeutungsvolle und constante Vorkommnisse, so müsste es doch höchst auffallend erscheinen, dass *Neumann* mit seiner Ansicht so ganz alleinstehend geblieben ist. Ferner muss ich auch hier wieder geltend machen, dass ich aus den durch diese Zerspaltung hervorgehenden Gebilden niemals direct d. h. durch Auswachsen habe neue Muskelfasern entstehen sehen, dass vielmehr in den späteren Stadien der Neubildungsprozess auch hier nur durch eine Abspaltung von Muskelzellen vermittelt wurde.

Auch in Bezug auf das Zustandekommen der Längsspaltungen kann ich *Neumann* nicht beipflichten. *Neumann* meint, dass die Abspaltung durch Hineinwachsen des Perimysiums in die contractile Substanz „nach Art der Bildung von Adhäsionen seröser Häute“ bewirkt würde. Entweder wüchsen von den Seiten kolbige, papilläre Auswüchse des Perimysiums hinein und vereinigten sich mit einander, oder es schöben sich zuerst junge Bildungszellen vom Perimysium in Spalten der Muskelfasern, und die von ihnen ausgeschiedene Intercellularsubstanz träte mit dem Perimysium in Verbindung. *Neumann* nimmt den Beweis für seine Ansichten namentlich aus den Bildern her, die sich auf Querschnitten darbieten. Er sah dort Unregelmässigkeiten der Muskelfelder, die eine runde, ovale, birn-, keil-, halbmond- und hufeisenförmige Gestalt hatten. In den normalgrossen Fasern sah er öfters nach Carminimbibition eine oder mehrere sternförmige Figuren, in deren Mitte ein den

[1]) Arch. d. Heilkunde IX p. 364.

Zellen des Perimysium gleichendes zelliges Körperchen lag. Die gegen die Peripherie des Muskelfeldes zugerichteten feinen Ausläufer erschienen als schmale, von einer homogenen Substanz eingenommene Spalten in der Substanz der Muskelfasern. Ich weiss es nicht, ob das Perimysium im Stande ist, durch das Sarkolemma hindurch die Muskelsubstanz einfach zu durchwachsen, selbst wenn man annimmt, dass diese selbst sich stark verändert hat, und vielleicht weniger widerstandsfähig geworden ist. Jedenfalls dürfte es schwer sein, zu entscheiden, ob die hellen Linien, welche die Muskelsubstanz durchziehen, und von denen *Neumann* selbst sagt, dass sie wie schmale Spalten erscheinen, bindegewebige Stränge, oder ob es eben einfache Spalten sind, durch welche die Continuität der Substanz unterbrochen ist. Dass, wenn die Spalten breiter geworden sind, sie von Bindegewebszügen ausgefüllt oder von zelligen Elementen durchsetzt werden können, bezweifle ich keinen Augenblick. Ich habe es oben beschrieben, wie die Spaltstücke der Muskeln, die in der Bauchhöhle eines lebenden Thieres gelegen hatten, oft durch recht beträchtliche Bindegewebsstreifen von einander getrennt waren, und wie in den Spalten, die noch relativ eng waren, sich öfters zellige Elemente vorfanden. Dasselbe habe ich an Bildern lebender Muskeln gesehen, von denen ich glaube, dass sie denselben Vorgang darstellten, den *Neumann* beschreibt. Aber wenn man die feinen Spalten sieht, die sich mitten in der Muskelsubstanz befinden und die mit der Peripherie in gar keiner Verbindung stehen, mag man sich schwer zu der Vorstellung entschliessen, dass sie durch Hineinwachsen des Bindegewebes von Aussen bewirkt seien. Gewiss wird der Wachsthumsdruck im umliegenden Gewebe, unter dem die ganze Muskelfaser steht, zum Zustandekommen der Spaltbildung beitragen; das Wesentliche ist aber die Neigung der Muskelsubstanz selbst zur longitudinalen Zerklüftung, oder, nennen wir es mit *Friedreich*, die Verflüssigung des Querbindemittels. So wird man denn kaum sagen können, es entstehe da ein Spalt, wo das perimysium internum seine kolbigen papillären Auswüchse gegen die Muskelsubstanz vorschickt, sondern man wird den Sachverhalt dahin formuliren, dass, wo die Muskelsubstanz sich in der Längsrichtung zerklüftet hat, Bindegewebsstränge hineinwachsen, zellige Elemente eindringen können. —

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, dass die Reaction, in welche quergestreifte Muskelfasern auf bestimmte Reize hin treten, zu einem „Aufgehen“ der contractilen Substanz in junge zellige Elemente führt, deren Kerne die alten Muskelkerne, bzw. deren Abkömmlinge sind, und deren Protoplasma durch eine Umwandlung der alten Muskelsubstanz gebildet wird. Mag dieser Prozess unter Bildung von „Muskelzellenschläuchen“, mag er in unregelmässigerer Weise unter Abspaltung einzelner Zellen stattfinden, so dass es zur Bildung der sog. bandförmigen Elemente, der kernreichen Platten und der Knospenformen kommt; mag endlich durch Hinzutreten von allerhand Zerklüftungen der alten Fasern das Bild noch verwirrter werden, — der Prozess bleibt im Wesentlichen doch immer der gleiche: die alten Fasern werden durch junge, zellige Gebilde, die Muskelzellen, substituirt.

Diese Zellen sind es, welche als die neuen Muskelelemente zu betrachten sind, und von ihrem weiteren Schicksal werden wir in der Folge zu reden haben.

Am 7.—10. Tage nach Beginn der regenerativen Wucherung sieht man die jungen Muskelzellen in wirrem Durcheinander beisammen liegen. Nur hie und da werden sie noch in einzelnen cylindrischen Conglomeraten zusammengehalten, ohne dass irgend welche schlauchartige Membran nachzuweisen wäre. Die meisten von ihnen haben eine spindelförmige Gestalt; um den grossen, auf's Deutlichste hervortretenden Kern ist die fein granulirte protoplasmatische Substanz in der Richtung des grossen Durchmessers des ovalen Kerns zu beiden Seiten angeordnet. Die Spindeln laufen beiderseits in eine mehr oder weniger feine Spitze aus; dass sich eine Spitze in mehrere Fortsätze theilte, habe ich niemals beobachten können. Die Dicke der Spindel ist nur wenig bedeutender, als der kleine Durchmesser des Kerns; die Zellgrenze liegt der Peripherie desselben dicht an. Vielfach ist die Spindelform der Zellen nicht so schön ausgeprägt; während nach der einen Seite die Zellenmasse, sich verjüngend, in eine Spitze ausläuft, ist sie auf der andern rundlich, kolbig oder mehr unregelmässig begrenzt, so dass diese Zellen oft ein komma-förmiges Aussehen erhalten. Seltener fehlt ihnen auch auf der andern Seite die Spitze, so dass sie eine eiförmige Gestalt haben, oder sie stellen ein sehr unregelmässig, rundlich oder eckig begrenztes Gebilde dar, das am meisten an grosse, epithelioide Zellen erinnert, durch seinen Kern sich jedoch sofort als Muskelzelle characterisirt. Als vereinzelt stehende Ausnahme kommt es vor, dass man Zellen mit 2 oder gar mehr gleichgrossen Kernen sieht. In solchen Fällen muss man, da zu dieser Zeit von einer Kernwucherung in den neuen Zellen noch nicht die Rede sein kann, annehmen, dass die Protoplasmahöfe mehrerer Kerne der alten Faser zusammengeflossen sind und sich vereinigt als einzige mehrkernige Zelle abgespalten haben. Derartige Zellen haben, soviel ich gesehen, immer Spindelform.

Die Contouren der Zellen sind im auffallenden Gegensatz zu den ausserordentlich scharfen Begrenzungen der Kerne etwas undeutlich, so dass man das Fehlen einer Membran als bestimmt und sicher hinstellen muss; die unregelmässige, an manchen Stellen fein gezähnte Beschaffenheit derselben verräth ihre Entstehung durch einen Spaltungsprozess. Was die Grössenverhältnisse betrifft, so muss ich berichten, dass ich die Kerne aller dieser Zellformen zwischen 0,0075 und 0,0125 mm., im Mittel 0,0114 mm., lang gefunden habe. Die Spindeln messen im Durchschnitt 0,0317 mm.; ihre Länge schwankte von 0,025 bis 0,0375 mm. Ich mache nur über die spindelförmigen Zellen Massangaben; die Messung der anderen lieferte Resultate, die zu verschieden waren, als dass sie grossen Werth gehabt hätten. Zudem werden wir gleich sehen, dass auch sie im weiteren Wachsthum ihre Gestalt ändern und sich zu Spindeln umformen. — Inmitten der Kreuz und Quer durch einander liegenden Muskelzellen sieht man nun auch noch andere zellige Gebilde. Am spärlichsten sind diese letzteren vorhanden in den mit Carbolätzung behandelten Muskeln. Die Reaction auf den Reiz beschränkt sich hier fast ausschliesslich auf die muskulären Elemente. Auswanderung weisser Blutkörperchen findet, wie oben bemerkt, nur in sehr geringem Grade statt, und selbst die Proliferation der fixen Bindegewebselemente beschränkt sich auf ein äusserst niedriges Mass. Wie wir sahen, treten diese Prozesse bei den Verwundungen der Muskeln schon stärker hervor und können nach der temporären Constriction einen recht hohen Grad erreichen. Noch einmal aber muss ich hier darauf aufmerksam machen, dass eine Unterscheidung der Muskelzellen von den andern zelligen Elementen meist mit Sicherheit möglich ist, und dass es

vorzugsweise der Kern ist, der die einzelnen Zellen kennzeichnet. Spindelförmige Bindegewebszellen machen sich ausserdem durch ihr spärliches Protoplasma kenntlich. Während der Zellkörper der Muskelspindeln in der Mitte eine Breite hat, welche die der an sich schon breiten Kerne noch übertrifft, und nach den Enden zu sich ganz allmälig verschmälert, ist das Protoplasma der Bindegewebszellen so dürftig, dass der Kern, so schmal gestreckt er ist, oft noch stark gegen die Breite der langen Ausläufer vorspringt.

Schreitet die Entwicklung weiter fort, so gewinnt das Bild, welches ein, sich regenerirender Muskel auf dem Längsschnitt darbietet, ein anderes Aussehen (vgl. Fig. 3, die einen Schnitt aus einem geätzten Muskel von 13 Tagen darstellt). Die Spindeln haben sich gegen einander geordnet, sind, namentlich in die Länge, gewachsen, und die kommaförmigen und unregelmässig begrenzten Muskelzellen haben sämmtlich Spindelform angenommen. In breiten Zügen sieht man sie dann parallel neben einander liegen; hier und da unterbricht, je weiter man sich von der am meisten geschädigten Stelle entfernt, ein schmales Band, auf dem Längs-, Schräg- oder Querschnitt gesehen, eine kernreiche, riesenzellenähnliche Platte, oder eine alte Muskelfaser mit sehr reichlicher Kernwucherung, die Gleichmässigkeit des Anblicks. Die einzelnen Spindeln haben einen regelmässigen Contour erhalten, ohne dass man indessen daraus auf das Vorhandensein einer Membran schliessen könnte. Der Kern, in dem man jetzt häufig 2, 4, ja noch mehr Kernkörperchen findet, hat in seiner Grösse gegenüber der Zellenmasse wenig zugenommen; auch seine Gestalt ist im wesentlichen die ovale geblieben; nur an einzelnen ist vielleicht schon eine Streckung zu bemerken. Die Länge der Spindeln beträgt um diese Zeit im Mittel 0,04 mm. Im durch Schnitt verwundeten Muskel sind die Verhältnisse insofern etwas anders, als die Spindeln in kleinere Züge geordnet sind, welche ihrerseits in unregelmässigerer Lage zu einander sich befinden — entsprechend der durch den Schnitt bewirkten Störung in dem parallelen Verlauf der einzelnen Muskelfasern oder Faserzüge. Im Uebrigen zeigt sich, was Grösse und Beschaffenheit der einzelnen Spindeln betrifft, kaum ein Unterschied. In den Muskeln nach vorübergehender Constriction sind die einzelnen Spindelzellenzüge öfters einmal durch todte alte Fasern, oder einzelne Schollen und Fragmente derselben unterbrochen; die Spindeln selbst haben gleiche Beschaffenheit, wie die in den andern Muskeln, nur sind sie häufig hier in der Grösse etwas hinter jenen zurückgeblieben, eine Erscheinung, für die ich den Grund früher schon besprochen habe.

Am Ende der dritten Woche zeigen die spindelförmigen Elemente die ersten Anfänge der Querstreifung. Sie sind inzwischen grösser geworden, messen jetzt 0,075 — 0,1 mm.; ihre Kerne haben sich mehr und mehr gestreckt, und es hat die Theilung eben begonnen, so dass man die Kerne öfters mit einer Einschnürung antrifft, auch Spindeln zu sehen bekommt, in denen bereits 2 Kerne vorhanden sind. Fig. 4 stellt ein Praeparat vor, welches aus einem geätzten Muskel vom 20. Tage stammt. Zwischen einer abgestorbenen Faser mit gebrochener Querstreifung einerseits, und einigen kernreichen Platten andererseits, sieht man einen Zug parallel gelagerter Spindeln, welche diejenige Stufe der Entwicklung erlangt haben, von welcher die Rede ist. In den meisten Kernen ist Vermehrung der Kernkörperchen vorhanden; an einem sieht man Einkerbung; mehrere Spindeln haben 2 Kerne. An den dem Aetzschorf, hier also der todten alten Faser,

zunächst liegenden Spindeln, sieht man die ersten Anfänge der Querstreifung am Deutlichsten. Es lässt sich schwer sagen, wie die Querstreifung entsteht. Die Granula des Protoplasma, welche gröber geworden sind, scheinen sich wirklich, wie es andere Beobachter bereits angegeben haben, in Querreihen aufzustellen. Manchmal treten diese Querreihen zuerst an den spitzen Enden der Spindel auf, bisweilen bemerkt man sie zuerst in der Nähe des Kerns oder, wenn schon eine Vermehrung stattgefunden hat, zwischen den Kernen, oft auch sind sie nur bei einer bestimmten Einstellung des Focus zu sehen, so dass beim Heben oder Senken des Tubus das Protoplasma wieder unregelmässig granulirt erscheint. Ich habe viele Praeparate durchmustern müssen, ehe es mir gelang, die ersten Anfänge der Querstreifung mit Sicherheit nachzuweisen; weder am Schnittpraeparat konnte ich sie finden, noch auch vermochte ich im frischen Praeparat sie durch Reagentien sichtbar zu machen. Oft meinte ich, deutliche Querstreifen zu erblicken; sowie ich dann stärkere Vergrösserungen zu Hand nahm, sah ich, dass ich mich getäuscht hatte. Ich habe alle meine Beobachtungen mit dem ausgezeichnet schönen Immersionssystem (Nro. VII) eines neuen Seibert'schen Instrumentes controlirt, und glaube, dass die Querstreifen, die ihm Stand hielten, sicher Querstreifen waren.

Viel deutlicher tritt die Querstreifung an den Spindeln hervor, wenn noch einige weitere Tage hingegangen sind. Ende der 4. Woche haben die Zellen eine ansehnliche Grösse erlangt; die meisten sind dann länger als der Durchmesser des Gesichtsfeldes; immer aber sind sie noch als spindelförmige Elemente an ihren sich verjüngenden Enden deutlich zu erkennen. Die Querstreifung erstreckt sich über die ganze Länge der Faser; sie ist freilich noch sehr zart, aber mit aller Sicherheit zu constatiren. Die Kerne haben sich inzwischen stark vermehrt und gleichmässig über die ganze Faser vertheilt; aus der Mitte sind sie an die Peripherie gerückt und nehmen nun eine alternirende Stellung ein. Die jungen Kerne sind sehr viel kleiner, als die grossen bläschenförmigen vor Beginn der Querstreifung waren. Schmaler, gestreckter in ihrem Aussehen, ähneln sie nun den normalen Muskelkernen. Zu der Zeit, wo die Kerne an die Peripherie gerückt sind, hat sich auch eine Sarkolemma gebildet. Ueber seine Herkunft und Entstehung vermag ich nichts Sicheres auszusagen. Da ich seine Existenz nie habe nachweisen können, so lange sich die Kerne noch in der Substanz der Faser befanden, und da ich auf der andern Seite in den meisten Fällen den Sarkolemmaschlauch deutlich zu sehen geglaubt habe, wenn dieselben sich an die Peripherie begeben hatten, bin ich geneigt, anzunehmen, dass die Bildung des Sarkolemm's zu den Kernen der neuen Muskelfaser in irgend welcher Beziehung steht. Mit dieser Annahme, die ich, wie ich nochmals ausdrücklich hervorhebe, auf Beweise zu stützen nicht im Stande bin, würde ich mich zu der Ansicht *Waldeyers*[1]), der auch *Neumann* folgt, in Widerspruch setzen, nach welcher das Sarkolemma als „eine umgewandelte Lage des noch indifferenten Zwischgewebes der jungen Muskelfasern, nach Art elastischer Grenzmembranen" anzusehen ist.

Sind die spindelförmigen Elemente bis zu der Stufe der Entwicklung gelangt, auf der sie

---

[1]) l. c. p. 507.

deutliche Querstreifung zeigen, ein Sarkolemm besitzen und Kerne bekommen haben, welche normalen Muskelkernen gleichen, so wird man füglich kein Bedenken tragen können, sie für junge, neugebildete, quergestreifte Muskelfasern zu halten, und es bleiben mir nur noch wenige Worte über ihre weitere Ausbildung übrig. Jede einzelne Spindel streckt sich noch mehr in die Länge, wird breiter, ihre Querstreifung kräftiger, so dass sie ein Ansehen erhält, welches sich in Nichts mehr von dem einer gewöhnlichen Muskelfaser unterscheidet. Ich sage, jede einzelne Spindel. Verschiedene Autoren *(Waldeyer, Hoffmann)* nehmen eine Entwicklung der Primitivbündel aus mehreren zelligen Elementen an. Ich habe niemals Bilder gesehen, die dafür sprächen und muss es nach meinen Beobachtungen als feststehend betrachten, dass jede einzelne Spindel zu einer Muskelfaser auswächst.

Die vollkommene Ausbildung der jungen Muskelfasern ist etwa nach 5—6 Wochen vollendet; wenigstens gilt dies in Bezug auf die geätzten Muskeln. Um diese Zeit habe ich einen Unterschied der neuen von den normalen Muskelfasern kaum finden können. Vielleicht waren einzelne der jungen Fasern noch etwas schmäler, als es alte zu sein pflegen. Ich bin dabei ganz sicher, dass das Muskelgewebe, welches ich untersuchte, wirklich neugebildetes gewesen ist. An einem letzten Reste des bräunlichen Schorfs, der inmitten von etwas blassem Muskelgewebe lag, konnte ich mit Sicherheit die Stelle der vorangegangenen Aetzung erkennen, und die Umgebung dieses Schorfes war es, welche ich zur Untersuchung benutzte. In der denkbar vollkommensten Weise war hier der Wiederersatz des Muskelgewebes erfolgt; keinerlei narbige Bindegewebsstränge fanden sich, die darauf hingewiesen hätten, dass ein gut Theil Muskelsubstanz zerstört worden war.

Etwas weniger günstig gestaltet sich die Regeneration bei den durch Schnitt verwundeten oder eine Zeit lang constringirten Muskeln. Der Prozess verläuft hier langsamer; ausserdem wird der vollkommene Ersatz der Muskelfasern durch die Entwickelung bindegewebiger Stränge behindert. Fig. 5. stellt einen Schnitt aus einer 31 Tage alten, subcutanen Muskelwunde dar. Die Muskelspindeln, die hier übrigens bereits alle Attribute quergestreifter Muskelfasern haben, sind meist noch relativ klein. Sie ziehen in einzelnen Strängen ungeordnet durch einander; einige sind durch den Schnitt längs, andere schräg und quer getroffen. In der Mitte befindet sich eine bindegewebige Partie, die vielfach von einzelnen Muskelfasern durchsetzt ist. Unter recht günstigen Bedingungen, d. h. wenn die Fasern bei der Verwundung nicht gezerrt wurden, oder die Schnittenden sich nicht zu stark retrahiren, glaube ich wohl, dass auch eine Muskelwunde ohne jede Bindegewebsnarbe heilen kann. Wenigstens habe ich jenseits der 6. Woche auch in Fällen, wo ich ganz sicher sein konnte, eine Verletzung an einer bestimmten Stelle gemacht zu haben, diese Stelle nicht wieder finden können. In der grossen Mehrzahl der Fälle war aber die Narbe schon makroskopisch sichtbar, wenn sich auch die Bindegewebsneubildung manchmal auf ein Minimum beschränkte.

Aus einem Muskel, der 40 Tage nach temporärer Constriction untersucht wurde, giebt Fig. 6 ein Bild. Durch einen breiten Bindegewebsstreifen (b) getrennt, sieht man 2 Stränge neugebildeter Muskelsubstanz (a u. c). Bei a sieht man einzelne Spindeln, die zum Theil so jung sind, dass

sie nur einen einzigen Kern besitzen. Gleichzeitig sind bei c die Fasern schon so lang, dass sich nur noch einzelne Spindelenden im Gesichsfelde vorfinden. Nach 7 Wochen kann man auch an solchen Muskeln einen Unterschied der neugebildeten Fasern von normalen nicht mehr erkennen, nur ist die Bindegewebsneubildung ausserordentlich stark und schon makroskopisch selbst da sehr auffallend, wo die Muskeln nur kurze Zeit aus der Circulation ausgeschaltet gewesen waren.

In einen kurzen Resumé würde ich die Anschauungen, zu denen ich durch meine Untersuchungen gekommen bin, etwa so formuliren können:

Die Regeneration der quergestreiften Muskeln tritt um so vollkommener ein, je weniger es zu einer Infiltration des Gewebes mit ausgewanderten weissen Blutkörperchen kommt.

Viele abfällige und divergente Urtheile der früheren Autoren über das Zustandekommen und den Modus des Regenerationsprozesses erklären sich aus der Nichtberücksichtigung dieser Thatsache.

Um die Regenerationsvorgänge an den Muskelfasern experimentell zu studiren, wird man sich daher am Zweckmässigsten solcher Versuchsmethoden bedienen, die eine stärkere Entzündung oder gar Eiterung ausschliessen; in dieser Beziehung sehr geeignet sind die Methoden, wie ich sie angewandt habe: Carbolsäureätzung, subcutane (antiseptische) Durchschneidung und temporäre Constriction.

Die Neubildung der jungen Muskelfasern geht ausschliesslich von den alten Muskelelementen aus.

Vermehrung der Kerne, Gruppirung des veränderten Protoplasma's der contractilen Substanz um dieselben, Abspaltung der Kerne mit der protoplasmatischen Umhüllung als „Muskelzellen" von der Substanz der Faser, Auswachsen der einzelnen, meist spindelförmigen Muskelzellen zu jungen, quergestreiften Muskelfasern — sind die wesentlichen Phasen des Regenerationsprozesses.

Jede einzelne Muskelzelle bildet sich zu einer Muskelfaser aus; ein Zusammenwachsen mehrerer findet nicht Statt.

Die sog. „bandförmigen Elemente", „kernreichen Platten", „Muskelknospen", sind nicht Entwicklungsstadien junger Muskelelemente im Sinne der Autoren, sondern stellen Theile alter Fasern dar, die durch Abspaltung von Muskelzellen und longitudinale Zerklüftung der alten Primitivbündel in ihrer Form verändert sind; sie gehen eine weitere Zerspaltung in Muskelzellen, d. h. in diejenigen Elemente ein, welche einzig und allein als die jugendlichen Formen der neuen Muskelfasern zu betrachten sind.

Die Untersuchungen, deren Resultate im Vorstehenden mitgetheilt sind, habe ich zum weitaus grössten Theile im pathologischen Institut zu Breslau angestellt. Ich erfülle eine angenehme Pflicht, wenn ich an dieser Stelle meiner herzlichsten Dankbarkeit gegen Herrn Professor *Cohnheim* Ausdruck gebe, der mir während des ganzen verflossenen Winters, wo es mir vergönnt war, in seinem Institute zu arbeiten, stets mit seinem Rathe in der liebenswürdigsten Weise beigestanden hat.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 1. Fig. 1. Quersehnitt aus dem m. extensor digit. eines Kaninehenunterschenkels, 4 Tage nach 6stündiger Constriction. *a* ist eine Muskelfaser, die in Folge der Constriction abgestorben ist; bei *b* sind Fasern, die nur einzelne Kerne behalten haben, von denen die Wucherung ausgeht; bei *c* sieht man Fasern mit sehr reichlicher Kernwucherung. Um die meisten Kerne hat sich das Protoplasma der alten Faser schon als dunkler Hof gruppirt; einzelne Kerne mit ihrer protoplasmatischen Umhüllung haben sich als Muskelzellen bereits von der Mutterfaser abgespalten *(d)*.

Fig. 2. Längssehnitt von demselben Muskel.

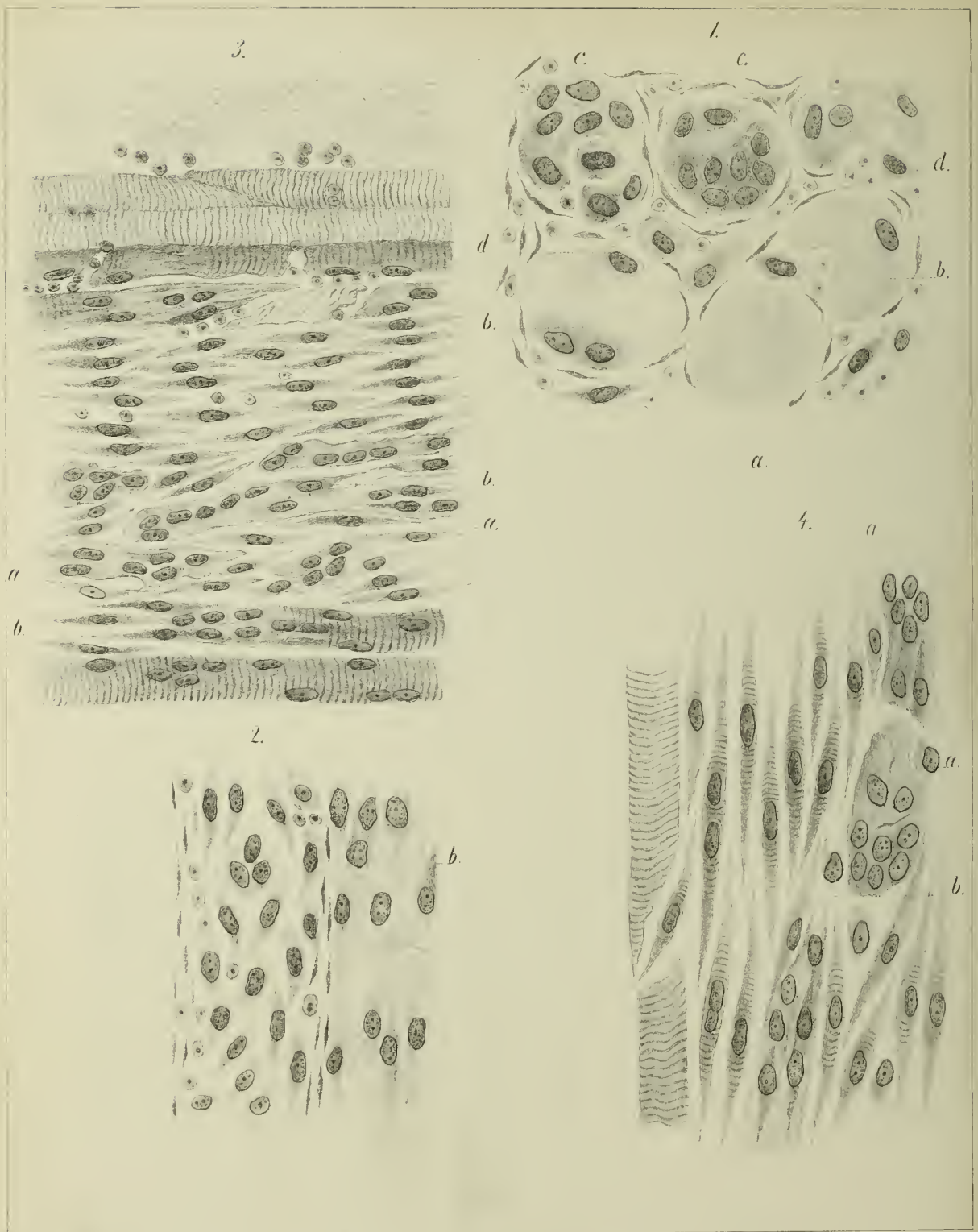
Fig. 3. Längssehnitt aus einem Muskel, 13 Tage nach Carbolsäureätzung. Oben ist der Aetzsehorf, ihm folgen 2 todte Fasern mit welliger und gebrochener Querstreifung und mehrere Faserstücke mit einzelnen Kernen. Weiter nach unten zu sieht man parallel gelagerte, spindelförmige Muskelzellen, zwischen denen weiter „bandförmige Elemente" und „kernreiche Platten" verstreut liegen. Unten wird das Bild von einer Muskelfaser begrenzt, die bis auf eine mässige Kernvermehrung normal ist. Bei *a* Muskelzellen, die in Ausbuchtungen liegen, bei *b* solche in der Abspaltung begriffen.

Fig. 4. Schnitt aus einem geätzten Muskel vom 20. Tage. Die Spindeln zeigen die ersten Anfänge der Querstreifung, ihre Kerne beginnen sich zu theilen. Auch hier „Bänder" und „Platten", die noch weiter zu Muskelzellen zerfallen (bei *a* Muskelzellen, die sich eben abgespalten haben und noch in Einbuchtungen der alten Faser liegen; *b* eine Spindel, die in der Abspaltung begriffen ist).

Tafel 2. Fig. 5. Schnitt aus einer subcutanen Muskelwunde vom 31. Tage. Neugebildete quergestreifte Muskelfasern, meist noch spindelförmig, auf Längs- und Quersehnitten, die Bindegewebsnarbe nach verschiedenen Richtungen durchsetzend.

Fig. 6. Neugebildete Muskelfasern aus einem Muskel, 40 Tage nach temporärer Constriction. Bei *a* sind die Muskelfasern noch spindelförmig, bei *c* sind sie schon länger, zwischen ihnen krümliche Massen — die Reste alter abgestorbener Fasern; bei *b* Bindegewebsstreifen.

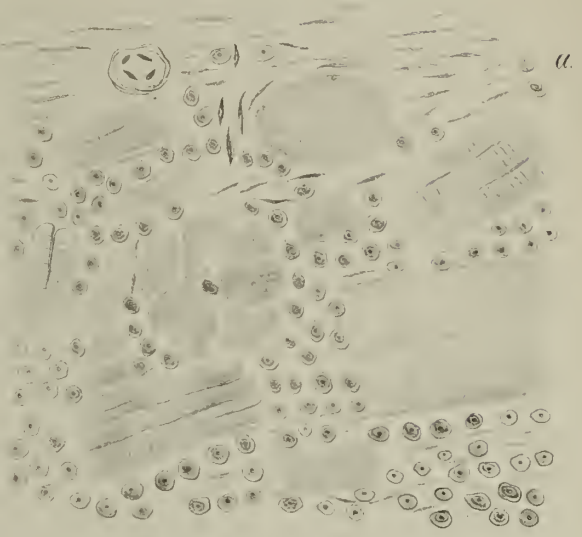
Fig. 7. Schnitt aus einem Muskelstückchen, welches 8 Tage in der Bauchhöhle eines lebenden Thieres gewesen. Inmitten eines gefässreichen Bindegewebes und zahlreicher Rundzellen liegen Muskelfasern, in denen alle Kerne verschwunden sind, die ihre Querstreifung zum grössten Theile verloren haben und in ausgedehnter Weise longitudinal zerklüftet sind.



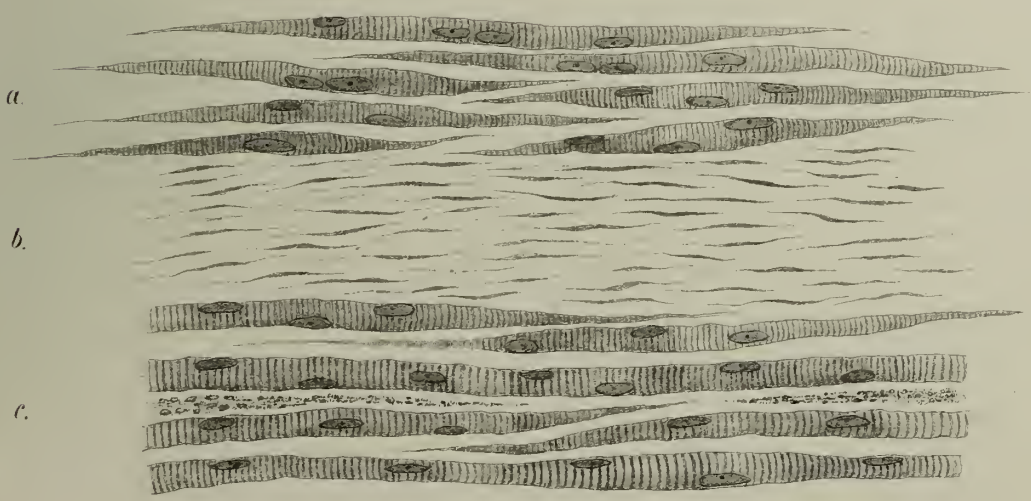
P. Kraske ad. nat. del.

5.

7.



6.



P. Kraske ad. nat. del.